



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN,  
ESPECIALIDAD SONIDO E IMAGEN

Título del proyecto:

Modelado 3D UPNA aplicado a Realidad Aumentada y a Google  
Earth

*Alumno:* Mikel Perales Urmeneta

*Tutor:* Iosu Azkue Odriozola

Pamplona, Agosto del año 2011



## **ÍNDICE**

### **0 INTRODUCCIÓN**

0.1 Marco del proyecto	3
0.2 Objetivo del proyecto	3
0.3 Descripción del proyecto	4

### **1 INTRODUCCIÓN A GOOGLE SKETCHUP Y APLICACIONES INFORMÁTICAS RELACIONADAS**

1.1 Historia de Google Sketchup	6
1.2 Generalidades de Google Sketchup	7
1.3 Manejo de las principales herramientas de SketchUp	8
1.3.1 Herramienta Línea	8
1.3.2 Herramienta Empujar/Tirar	11
1.3.3 Herramienta Pintar	13
1.4 Otras Aplicaciones	14
1.4.1 Autodesk 3DS Max	14
1.4.2 Autodesk Maya	14
1.4.3 Blender	15
1.5 Presupuesto del proyecto y justificación del mismo	15
1.5.1 Presupuesto del Hardware	16
1.5.2 Presupuesto del Software	16

### **2 DESARROLLO DEL MODELO 3D PARA GOOGLE EARTH**

2.1 Introducción	18
2.2 Toma de Referencias	18
2.2.1 Búsqueda en Internet	18
2.2.2 Usando Google Earth	19
2.2.3 Sacando Fotografías	20
2.3 Modelado 3D	24
2.3.1 Aulario	25
2.3.2 Biblioteca	29
2.3.3 Cafetería	31
2.3.4 Edificio de los Acebos	32
2.3.5 Edificio de los Madroños	34
2.3.6 Edificio de los Magnolios	35
2.3.7 Edificio de los Encinas	36
2.3.8 Edificio de los Tejos	37
2.3.9 Edificio de los Pinos	38
2.3.10 Edificio de los Olivos	39
2.3.11 Comedores	40
2.3.12 Edificio de las Sóforas (Administración y Gestión)	41
2.3.13 Edificio de Rectorado	42
2.3.14 Terreno	43
2.4 Texturizado	47
2.4.1 Usando Photoshop CS 5 Extended	48
2.4.1 Aplicando texturas en SketchUp	51
2.5 Modelo Final	54
2.5.1 Vista del modelo en Google Sketchup	54
2.5.2 Integración Online del modelo en Google Earth	58
2.6 Consideraciones	63
2.6.1 Conclusiones	63
2.6.2 Líneas futuras	64



<b>3 INTRODUCCIÓN A LA REALIDAD AUMENTADA</b>	
3.1 Qué es la realidad aumentada (RA)	66
3.2 Aplicaciones para RA	68
3.3 Métodos de obtener RA	70
<b>4 DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE REALIDAD AUMENTADA</b>	
4.1 Desarrollo de realidad aumentada	74
4.1.1 Software necesario para obtener RA	74
4.1.2 Programa de diseño Google SketchUp PRO	76
4.1.3 Programa de diseño 3D Studio Max 2009	77
4.1.4 Intype	78
4.1.5 FLARToolkit	79
4.1.6 Photoshop CS5 Extended	82
4.1.7 ARToolkit Marker Generator Online Multi	83
4.1.8 Adobe Flash Builder	85
4.1.9 Mozilla Firefox y Adobe Flash Player 10	92
4.2 Aplicación final Realidad Aumentada	93
4.2.1 UPNA con DAE exportado desde SketchUp	93
4.2.2 UPNA con DAE exportado desde Max	94
4.2.3 Ejemplos de FLARToolkit. Trabajo nativo en Max	102
4.2.4 Ejemplos de AR-Media. Trabajo nativo en Max	105
4.3 Consideraciones	119
4.3.1 Conclusiones	119
4.3.2 Líneas futuras	120
<b>5 BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES</b>	121





# **CAPÍTULO 0**

## **INTRODUCCIÓN**



## **0.1 MARCO DEL PROYECTO**

El constante desarrollo y mejora de nuevas tecnologías ha originado un cambio en la forma de transmitir información.

Concretamente el uso de herramientas de modelado 3D y su integración con tecnologías ya asentadas, como pueden ser el cine o internet, ha propiciado una evolución en la manera de entender dichas tecnologías.

En este sentido, se puede observar claramente el auge de efectos generados por ordenador en la casi totalidad de los formatos audiovisuales existentes hoy en día. La ventaja de esta tecnología es el propiciar una mayor inmersión en el usuario a la hora de transmitir la información, ya que se pueden crear situaciones que físicamente no serían posibles.

Por otro lado, se consigue que el usuario tenga una cierta interacción y pase de ser un mero espectador a ser parte activa del proceso mediante el uso de elementos como teclado y ratón. Esta faceta de la interactividad se ha visto potenciada con la aparición de la denominada Realidad Aumentada.

La Realidad Aumentada (RA) es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añadir una parte sintética virtual a lo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que superimprime los datos informáticos al mundo real.

Por todo ello se intentarán usar estas tecnologías en favor de la Universidad Pública de Navarra.

## **0.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Este proyecto tiene dos objetivos bien diferenciados. El primero consiste en el diseño de la UPNA mediante un programa de diseño 3D (Google SketchUp) para posteriormente subirlo a Google Earth. El segundo objetivo es conseguir la tecnología de Realidad Aumentada para poder aplicarse a los diseños previamente modelados.

La consecución de estos objetivos posibilitará el hacer más universal a la UPNA, ya que estará representada en Internet para acceso de todos y se abrirán nuevas y punteras posibilidades de mercadotecnia para la UPNA (mediante el uso de Realidad Aumentada).



### **0.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Se trata de explicar el trabajo, tanto previo como posterior para modelar y texturizar una serie de edificios (en este caso concreto la UPNA) mediante Google SketchUp. Se indicarán las limitaciones existentes al programa, así como una comparación con otros software de diseño 3D. Se mostrarán diferentes estados del modelado, desde sus inicios hasta el resultado final ya texturizado. Se mostrará una comparativa de diferentes zonas para mostrar la fidelización del modelo virtual respecto al real.

Con respecto a la RA, se explicarán los pasos a seguir para obtener esta tecnología mediante la herramienta FLARToolkit, así como ver las potencialidades de la misma. Se adjuntará el código final, así como diferentes ejemplos de RA obtenidos durante el desarrollo del proyecto. Además, se mostrarán las limitaciones que impidieron obtener el resultado deseado y se comparará con otros métodos existentes para generar RA.



## **CAPÍTULO 1**

# **INTRODUCCIÓN A GOOGLE SKETCHUP Y APLICACIONES INFORMÁTICAS RELACIONADAS**



### **1.1. Historia de Google SketchUp**

Google SketchUp es un programa informático de diseño y modelaje en 3D para entornos arquitectónicos, ingeniería civil, diseño industrial, SIG, videojuegos o películas. Es un programa desarrollado y publicado por Google.

Todo comenzó como un proyecto de trabajo con pre-adolescentes para despertar en ellos el interés de utilizar esta herramienta.

SketchUp fue diseñado con el objetivo de que pudiera usarse de una manera intuitiva y flexible. El programa incluye en sus recursos un tutorial en vídeo para ir aprendiendo paso a paso cómo se puede ir diseñando y modelando el propio ambiente. Además permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante. Además el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

SketchUp fue inicialmente desarrollado por la compañía @Last Software, ubicada en Boulder, Colorado. Su primera versión fue lanzada al mercado en agosto de 2000, con el propósito general de ofrecer una herramienta para la creación de edificios en 3D. Esta herramienta, por su complejidad de imagen y facilidad de uso, fue rápidamente reconocida y premiada.

En la versión 5 de SketchUp fueron añadidas algunas nuevas características que le permitían al usuario mucha más facilidad en la creación de objetos.

El 14 de marzo del año 2006 Google adquirió @Last Software, y con ello los derechos de desarrollo de SketchUp. La razón que Google argumentó para adquirir dicha compañía fue para mejorar los plugins de Google Earth.

El 9 de enero del 2007 se lanzó al mercado la versión 6 de SketchUp, la cual fue adicionada con nuevas características y herramientas que facilitarían aún más el uso en las creaciones de modelos 3D.

El 9 de febrero de 2007, un mes después del lanzamiento, se liberó la versión 6.0.5 (con errores corregidos). Esta más reciente actualización no presentó ninguna nueva característica.

El 17 de noviembre de 2008, SketchUp 7 fue lanzado con nuevas características de fácil uso. Dos de ellas son la integración con el almacén online de Google 3D Warehouse, y la otra los componentes dinámicos que responden apropiadamente al reescalado.

Actualmente va por su versión número 8 en la que hay 2 versiones. La versión libre y la PRO, esta última permite mayor número de opciones como exportar a diferentes formatos, permitir Layout o Style Builder.

## 1.2 Generalidades de Google SketchUp

Los elementos principales de la interfaz de SketchUp son la barra de título, los menús, las barras de herramientas, el área de dibujo, la barra de estado y el cuadro de control de valores. En la figura 1.1 se muestra la interfaz de usuario de SketchUp.

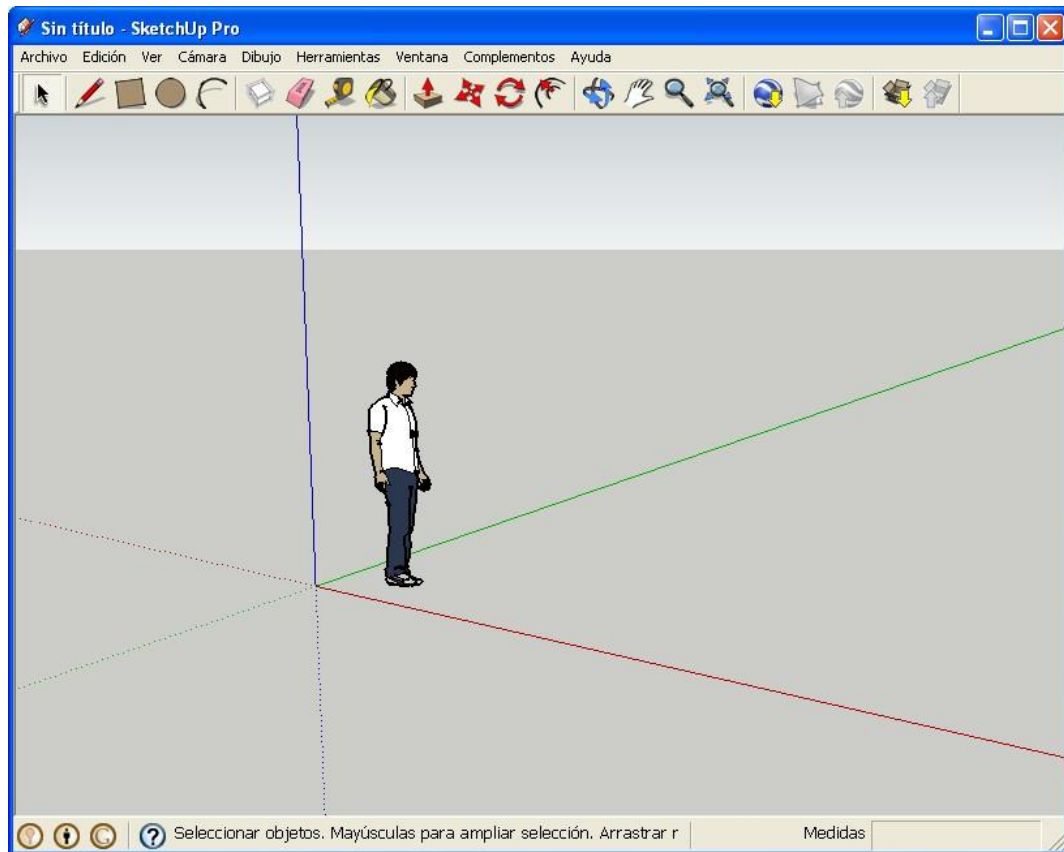


Figura 1.1. Interfaz SketchUp

Las herramientas totales de Google SketchUp no son muy elevadas, siendo las citadas a continuación todas las opciones disponibles con este software.



Figura1.2 Herramientas disponibles en Google SketchUp

### 1.3 Manejo de las principales herramientas de SketchUp

#### 1.3.1 Herramienta Línea

Se utiliza la herramienta "Línea" para dibujar aristas o entidades de línea. Las entidades de línea se pueden unir desde una cara. También se utiliza para dividir caras o recuperar caras eliminadas.

Los modelos de SketchUp se crean básicamente uniendo líneas para formar aristas. Las caras se crean automáticamente cuando tres o más líneas o aristas están en el mismo plano (un espacio plano infinito 2D) o son coplanarias y forman un bucle cerrado. Las aristas y las caras se combinan de este modo para crear modelos 3D. En la figura 1.3 se muestran tres líneas coplanarias no conectadas. Estas líneas se han dibujado con la herramienta "Línea" (la herramienta con forma de lápiz).

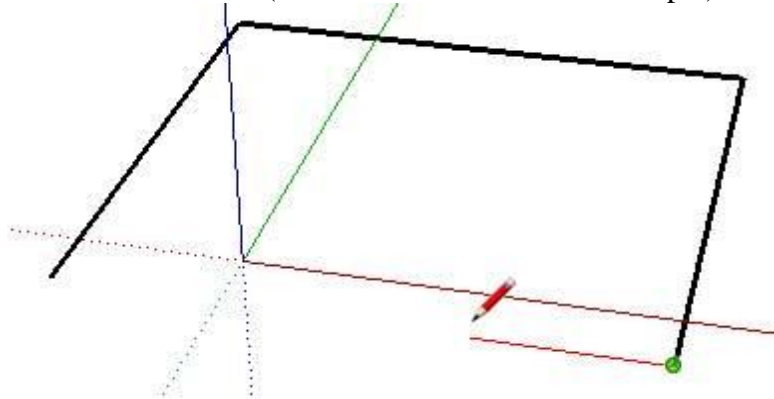


Figura1.3

En la figura 1.4 se muestran cuatro líneas conectadas coplanarias y la cara plana de 2 dimensiones que se crea.

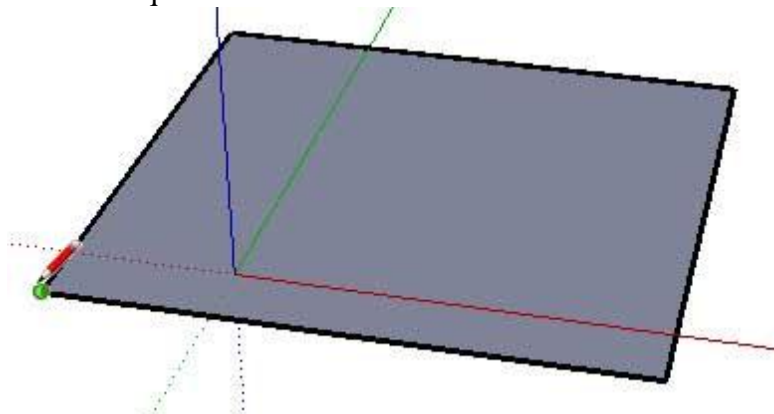


Figura1.4

Para crear un modelo en 3D, sólo hay que dibujar hacia arriba o hacia abajo siguiendo la dirección azul (en paralelo a los ejes azules). En la figura 1.5 se muestra la primera línea creada en el espacio 3D.

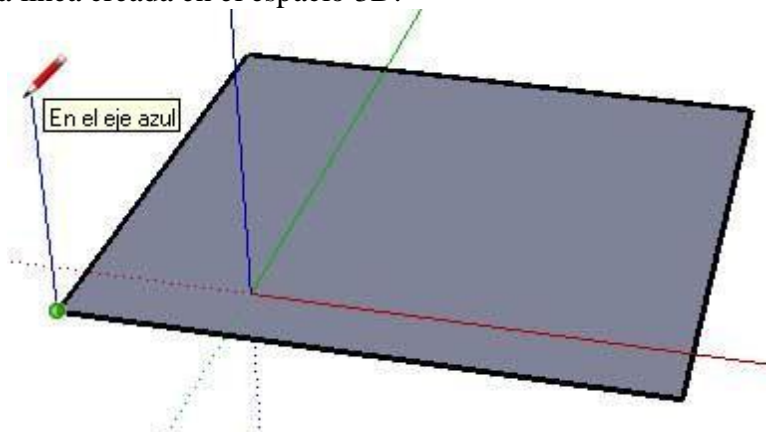


Figura1.5



A medida que se dibujan otras líneas siguiendo los ejes de colores, se van creando caras. En la figura 1.6 se muestran cuatro caras creadas dibujando líneas paralelas a las tres direcciones de los ejes (rojo, verde y azul).

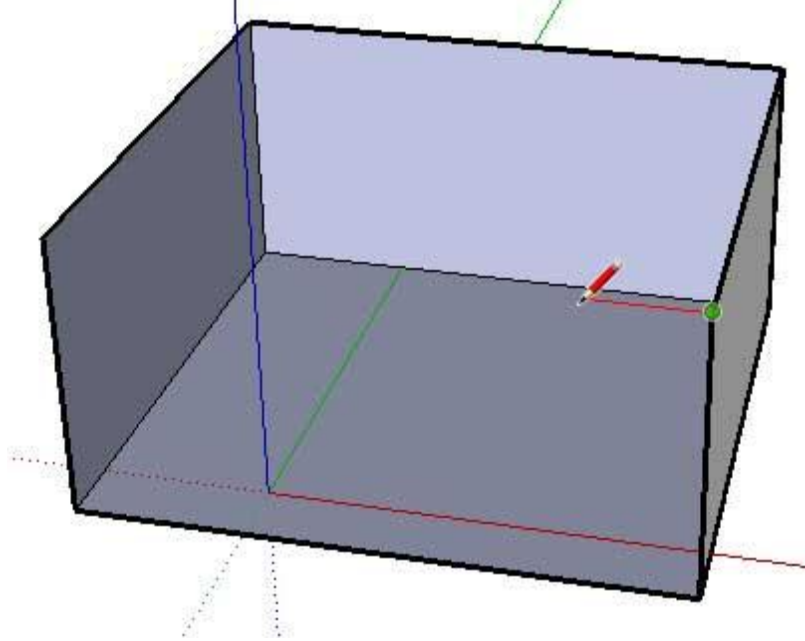


Figura1.6

Sólo falta por dibujar una línea para completar una caja tridimensional. Se observa que, cuando se dibuja esta línea, se crean dos caras (la superior y la frontal).

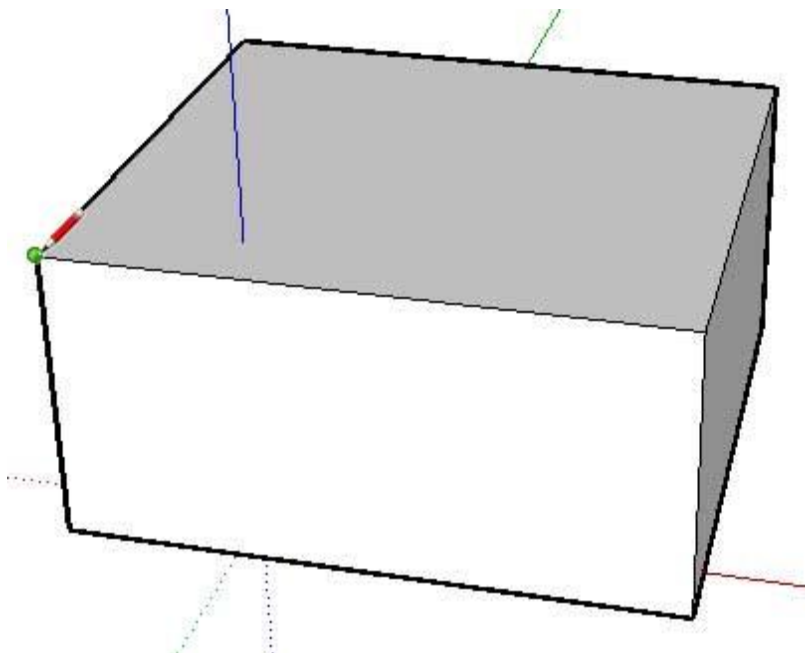


Figura1.7

### 1.3.2 Herramienta Empujar/Tirar

Se utiliza la herramienta "Empujar/tirar" para empujar caras o tirar de ellas a fin de añadir o quitar volúmenes de los modelos. Se puede utilizar esta función para dar volumen a cualquier tipo de cara, ya sea circular, rectangular o abstracta. Es decir, su función es la de extruir. A continuación se observa un ejemplo de cómo usar esta herramienta.

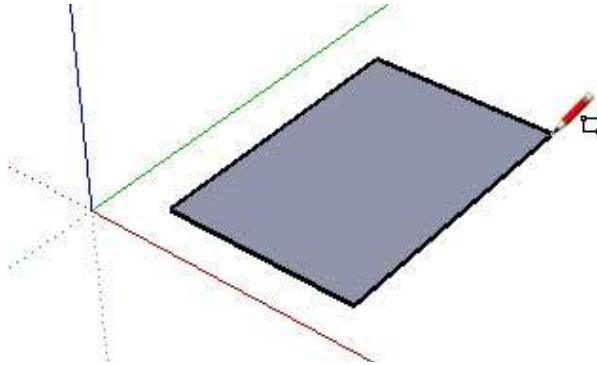


Figura1.8

Se hace clic en la herramienta "Empujar/tirar". El cursor adquiere forma de rectángulo 3D con una flecha hacia arriba (  ).

Se hace clic en una cara previamente creada (en este caso rectangular).

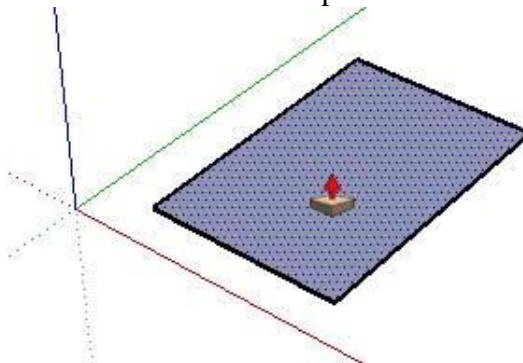


Figura1.9

Se mueve el cursor para crear (o reducir) volumen.

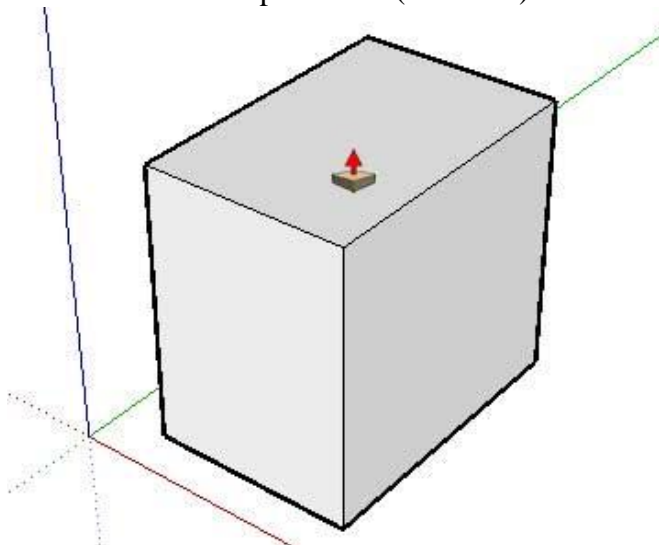


Figura1.10

Se puede pulsar la tecla Esc en cualquier momento durante la operación si se quiere volver a empezar.

Se hace clic cuando el volumen alcance el tamaño deseado.

Se puede utilizar la herramienta "Empujar/tirar" para crear volumen a partir de cualquier forma, ya sea una forma abstracta dibujada con la herramienta "Mano alzada" o una forma dibujada sobre otra geometría 3D, es por eso que se puede utilizar la herramienta "Empujar/tirar" en caras que tengan un arco como arista, del mismo modo como se haría con otras caras normales. La cara curva resultante de la operación de empujar y tirar se denomina entidad de superficie. Las superficies se pueden ajustar como una unidad, pero están compuestas por varias caras curvas.

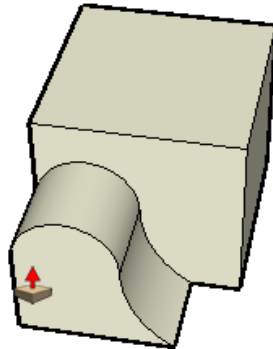


Figura 1.11

Así mismo, se puede crear un espacio vacío simplemente dibujando una forma 2D sobre una geometría 3D y utilizando la herramienta "Empujar/tirar" para empujar la cara 2D hasta que alcance la cara posterior de la geometría 3D. La figura 1.12 muestra cómo empujar/tirar de una cara 2D dibujada sobre una geometría 3D para crear un vacío.

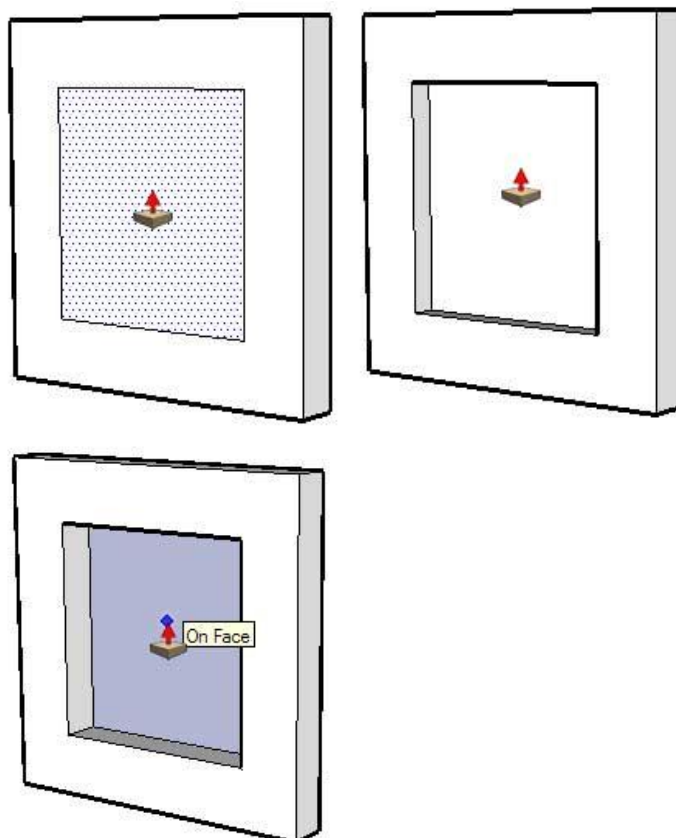


Figura 1.12

### 1.3.3 Herramienta Pintar

SketchUp permite pintar las caras con materiales para darles más detalle y un mayor realismo. Los materiales son básicamente pinturas que tienen un color y, opcionalmente, una textura (definida en un archivo de imagen). Por ejemplo, un material para pared de color gris y con una apariencia o textura similar a la de un acabado real.

Se puede pintar los modelos con estos materiales utilizando la herramienta "Pintar". Se pueden crear también materiales propios en SketchUp (con la rueda de color) o importar imágenes de texturas (como una ventana). Se puede importar incluso la imagen completa de un objeto real (como la foto de un edificio) y manipularla en el modelo 3D para darle el máximo realismo.

Los materiales (Figura 1.13) también tienen una propiedad de opacidad (un número entre 0 y 100%), que permite crear materiales transparentes, como el cristal. Se puede pintar una cara con uno de estos materiales para crear una ventana.

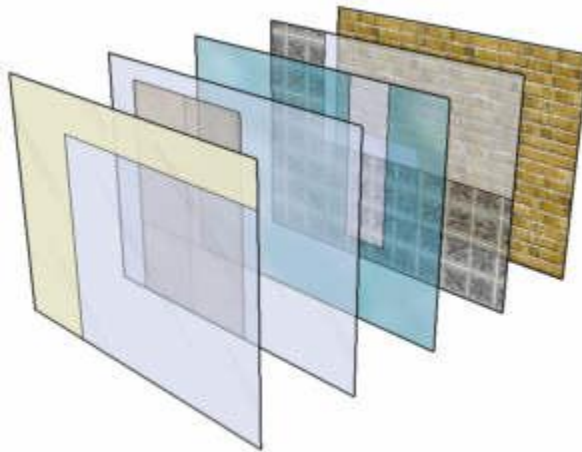


Figura 1.13 Algunos de los materiales disponibles en Sketchup

Las caras tienen dos lados. Normalmente, los materiales se aplican en SketchUp sobre un único lado de la cara. Si se aplica material transparente a un lado que tiene el color predeterminado, se aplicará a los dos lados de la cara; la superficie se verá transparente desde ambos lados. Si el lado posterior de una cara se hubiera pintado ya con un material que no fuera transparente, aplicar un material transparente al lado frontal no alteraría la visualización del otro lado. Asimismo, si se pinta el lado posterior de una cara con un material transparente distinto, esto no afecta al lado frontal. Aplicando un material distinto a cada uno de los lados, es posible, pues, crear caras transparentes con colores y niveles de transparencia distintos para cada lado.



## **1.4 Otras Aplicaciones**

### **1.4.1 Autodesk 3ds Max**

Autodesk 3ds Max (anteriormente 3D Studio Max) es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk, en concreto la división Autodesk Media & Entertainment (anteriormente Discreet).

Fue desarrollado originalmente por Kinetix como sucesor para sistemas operativos Win32 del 3D Studio creado para DOS. Más tarde esta compañía fue fusionada con la última adquisición de Autodesk, Discreet Logic.

3ds Max es uno de los programas de animación 3D más utilizados. Dispone de una sólida capacidad de edición, una omnipresente arquitectura de plugins y una larga tradición en plataformas Microsoft Windows. 3ds Max es utilizado en mayor medida por los desarrolladores de videojuegos, aunque también en el desarrollo de proyectos de animación como películas o anuncios de televisión, efectos especiales y en arquitectura.

Desde la primera versión 1.0 hasta la 4.0 el programa pertenecía a Autodesk con el nombre de 3d Studio. Más tarde, Kinetix compró los derechos del programa y lanzó 3 versiones desde la 1.0 hasta la 3.0 bajo el nombre de 3d Studio MAX. Más tarde, la empresa Discreet compró los derechos, retomando la familia empezada por Autodesk desde la 4.0 hasta 7.0 esta vez bajo el nombre de 3dsmax. Finalmente, Autodesk retomó el programa desarrollándolo desde la versión 8.0 hasta la actualidad bajo el nombre de Autodesk 3ds Max.

Este programa es uno de los más reconocidos modeladores de 3d masivo, habitualmente orientado al desarrollo de videojuegos, con el que se han hecho enteramente títulos como las sagas 'Tomb Raider', 'Splinter Cell' y una larga lista de títulos de la empresa Ubisoft.

También en cine hay una gran cantidad de películas que usaron este software como pueden ser Avatar, Black Hawk Down, Tomb Raider, El Planeta de los Simios, Spider Man 3, Star Wars: Episodio III La Venganza de los Sith o Harry Potter y las Reliquias de la Muerte entre otras muchas.

### **1.4.2 Autodesk Maya**

Autodesk Maya (también conocido como Maya) es un programa informático dedicado al desarrollo de gráficos en 3d, efectos especiales y animación. Surgió a partir de la evolución de Power Animator y de la fusión de Alias y Wavefront, dos empresas canadienses dedicadas a los gráficos generados por ordenador. Más tarde Silicon Graphics (ahora SGI), el gigante informático, absorbió a Alias-Wavefront, que finalmente ha sido absorbida por Autodesk.

Maya se caracteriza por su potencia y las posibilidades de expansión y personalización de su interfaz y herramientas. MEL (Maya Embedded Language) es el código que forma el núcleo de Maya, y gracias al cual se pueden crear scripts y personalizar el paquete.



El programa posee diversas herramientas para modelado, animación, render, simulación de ropa y cabello, dinámicas (simulación de fluidos), etc.

### 1.4.3 Autodesk Maya

Blender es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales.

El programa fue inicialmente distribuido de forma gratuita pero sin el código fuente, con un manual disponible para la venta, aunque posteriormente pasó a ser software libre. Actualmente es compatible con todas las versiones de Windows, Mac OS X, Linux, Solaris, FreeBSD e IRIX.

Tiene una muy peculiar interfaz gráfica de usuario, que se critica como poco intuitiva, pues no se basa en el sistema clásico de ventanas; pero tiene a su vez ventajas importantes sobre éstas, como la configuración personalizada de la distribución de los menús y vistas de cámara.

Aun siendo una herramienta relativamente nueva, ha gozado de la aceptación de muchos animadores independientes. En la industria de Generación de gráficos avanza como un proyecto prometedor, si bien las superproducciones no lo han usado para generar secuencias CGI. Existen proyectos actuales que han empezado a usarlo profesionalmente.

El 18 de febrero de 2010 se estrenó el primer largometraje animado realizado íntegramente con software libre, usando a Blender como herramienta principal; se trata de Plumíferos, un proyecto que está impulsando el desarrollo de Blender aún más, sobre todo a nivel de animación y manejo de bibliotecas a gran escala.

Películas tales como Spider-Man 2 que lo ha usado para hacer una previsualización de escenas (Screen-Board Test), han usado de manera incipiente las capacidades del popular programa GNU/GPL.

Algunas propuestas más llevadas a la producción e integración con gráficos mediante Motion Track tales como "Friday or another day". que es de los primeros esbozos de su uso a 35mm.

Otros proyectos hechos en participación de diversos usuarios de Blender incluido Ton Rossendaal el cortometraje Elephants Dream son experimentos de sus capacidades, extendidas gracias a la posibilidad de poder editar su código fuente, aportando de esta experiencia a los demás usuarios con innovaciones fundamentales: Un sistema de control de gestos (Morph system), un sistema de composición de textura y post producción (Composite), entre otros

## **1.5 PRESUPUESTO DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN DEL MISMO**

Las aplicaciones para modelado y animación 3D requieren de un hardware muy potente. En primer lugar, a la hora de trabajar sobre una escena, es indispensable

disponer de un controlador gráfico que facilite la manipulación de los objetos ya que el usuario depende en gran parte del renderizado en tiempo real. También se requiere de un ordenador con mucha memoria pues a medida que el usuario va agregando objetos, materiales y secuencias de animación a las escenas, el ordenador puede volverse lento.

En segundo lugar el uso de una webcam ejecutando un programa de RA en el que se necesita un tracking en tiempo real a la par que se genere todo el modelado 3D hace que se necesite un PC cuanto más potente mejor.

### 1.5.1 Presupuesto del Hardware

Según la página web de Google SketchUp <http://sketchup.google.com/intl/es/> los requisitos recomendados de Hardware para instalar y ejecutar la aplicación son:

- Procesador de 2 GHz (como mínimo)
- Al menos 2 GB de RAM
- 500 MB de espacio disponible en el disco duro
- Tarjeta de vídeo con acelerador 3D y con 512 MB de memoria como mínimo. Asegúrate de que el controlador de la tarjeta de vídeo admita la versión 1.5 de OpenGL o una versión posterior y de que esté actualizado.
- El rendimiento de Google SketchUp depende en gran medida del controlador de la tarjeta gráfica y de su compatibilidad con OpenGL 1.5 o versiones posteriores. En el pasado, los usuarios han detectado errores al utilizar tarjetas basadas en Intel con Google SketchUp. Por el momento, no recomendamos el uso de estas tarjetas gráficas con Google SketchUp.
- Ratón con tres botones y rueda de desplazamiento
- Conexión activa a Internet necesaria para algunas funciones de Google SketchUp

Hardware	Costo
PC que cumpla los requisitos recomendados	600 p
Cámara Digital	150 p
WebCam HD	40 p

### 1.5.2 Presupuesto del Software

Se van a usar bastantes programas de software. Aquí quedan listados.

Software	Costo de Licencia
Google SketchUp Pro	360 p
Google Earth 6	Gratis
Adobe Photosho CS5 Extended	249 p
Adobe Flash Builder 4.5 Premium Edition	229 p
Autodesk 3ds Max 2009	3449 p
Plugin 3ds Max 2009 OpenCOLLADA	Gratis
Plugin 3ds Max 2009 AR-Media TRIAL	Gratis
Plugin Google SketchUp AR-Media TRIAL	Gratis
Adobe Flash Player (Última version)	Gratis
Intype	Gratis



## **CAPÍTULO 2**

# **DESARROLLO DEL MODELO 3D PARA GOOGLE EARTH**





## **2.1 INTRODUCCIÓN**

En primer lugar hubo que decidir que edificios se iban a representar virtualmente. Al tener la Universidad Pública de Navarra una cantidad de edificios muy amplia y en una zona variada (Campus de Arrosadía, Campus de Tudela, Campus de Ciencias de la Salud) se decidió que el proyecto se centraría en el Campus de Arrosadía situado en

C/ ARROSADIA s/n, PLANTA BAJA 31006 ó PAMPLONA

Dentro del propio Campus de Arrosadía hay también una gran variedad de edificios, pero al no estar todos relacionados con la docencia se optó por modelar los más representativos del campus, dejando el resto para un futuro proyecto de ampliación. Así, los edificios que serán representados virtualmente son:

- Aulario
- Biblioteca
- Cafetería
- Edificio de los Acebos
- Edificio de los Madroños
- Edificio de los Magnolios
- Edificio de las Encinas
- Edificio de los Tejos
- Edificio de los Pinos
- Edificio de los Olivos
- Comedores
- Edificio de las Sóforas (Administración y Gestión)
- Edificio de Rectorado

Una vez decidido los modelos a representar ya se puede comenzar a realizar el proyecto.

## **2.2 TOMA DE REFERENCIAS**

El siguiente paso en la realización del proyecto no es como se podría esperar el modelado 3D, sino que es momento de obtener toda la información posible de los edificios que se quieren representar. Con esto se consiguen unos datos con los que representaremos de manera fiable los lugares elegidos.

Para esta toma de información se siguieron varios métodos.

### **2.2.1 Búsqueda en Internet**

Una de las opciones que se barajó fue la búsqueda de referencias por la web. En un primer momento nos centramos sobre todo en la propia web de la UPNA, pero viendo que la información visual era limitada se decidió abrir el rango de búsqueda.

Por ello se empezó a usar la herramienta de búsqueda de imágenes de Google. El problema de esta herramienta es que realiza una búsqueda de imágenes en función de las palabras asociadas a las mismas, por ello podríamos concluir que entre el 90-95 % de las imágenes encontradas mediante este método no eran válidas para el proyecto, bien por no tener relación con los edificios, bien por un tamaño inadecuado.

A modo de ejemplo se dirá que si ponemos en el buscador «Biblioteca pública Upna» los resultados son los mostrados a continuación.

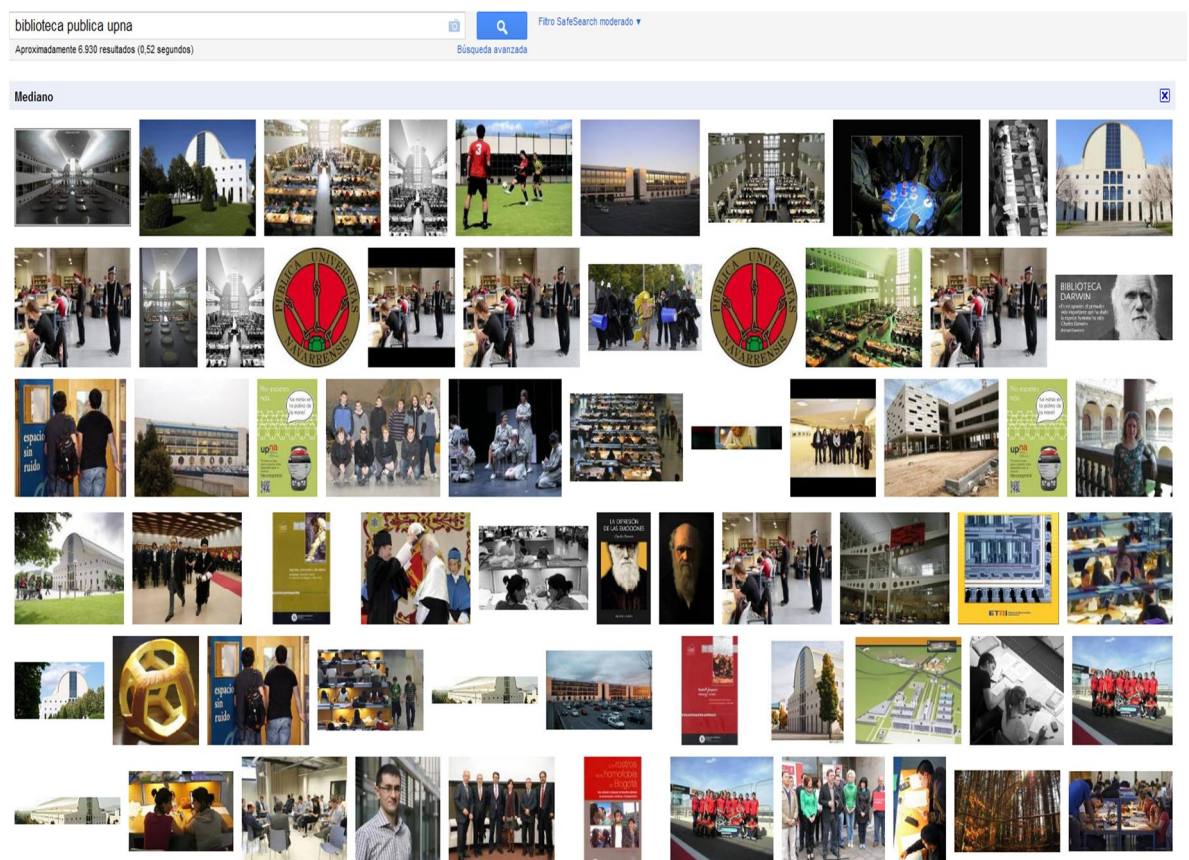


Figura 2.1

Se puede observar que salen referencias tan dispares como la biblioteca Darwin, obras de teatro de la UPNA o la propia biblioteca de la universidad.

Viendo que no era el método más efectivo se decidió usar otro tipo de herramientas.

### 2.2.2 Usando Google Earth

Se optó por usar el propio software de Google Earth para obtener las medidas de los edificios. Estas medidas obtenidas se limitan a anchura/largura de edificios, o distancias entre ellos.

Para sacar esas medidas se usa la herramienta de Google Earth -Regla- mediante la cual se seleccionan 2 puntos y es el propio programa el que calcula la distancia entre ellos (en centímetros, metros o kilómetros).

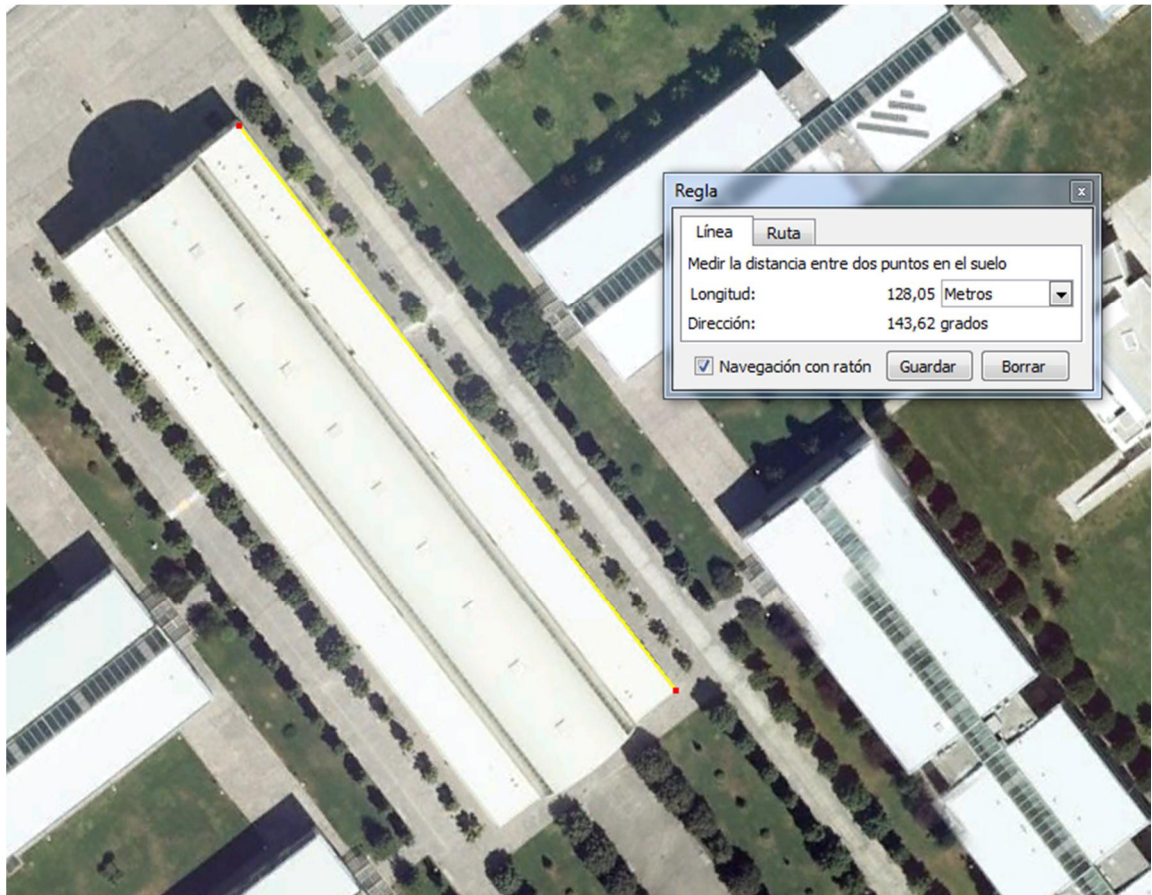


Figura 2.2

En la Figura 2.2 se puede observar la longitud de la biblioteca de la UPNA, de aproximadamente 128 metros. Del mismo modo se obtendrían las medidas del resto de edificios. Se hace un boceto de planta de los edificios, se mide una distancia en Google Earth y se apunta en el boceto para futuras consultas. Se repetiría así el proceso hasta obtener todas las medidas necesarias. Siguiendo con la figura 2.2, se debería medir la anchura total de la biblioteca, así como el diámetro de la bóveda y la distancia del tejado hasta el comienzo de la cúpula.

La parte negativa es que solamente se obtienen datos en los ejes X e Y, pero no del eje vertical Z, no proporcionando además información visual del resto del edificio (nº de plantas, ventanas, entradas, materialesí ).

Es decir, a pesar de obtener datos importantes y fundamentales para el desarrollo del proyecto, todavía no se dispone de toda la información necesaria para el correcto modelado de los edificios.



### 2.2.3 Sacando fotografías

Viendo que con los métodos anteriores no eran suficientes para obtener datos fiables, se opta por el método que más garantías nos dará para comenzar el modelado.

Se consigue una cámara digital y se va haciendo un recorrido del campus de Arrosadía en la UPNA mientras se fotografían todos los edificios incluidos en el proyecto. Durante este recorrido se toma una gran cantidad de instantáneas desde diferentes ángulos para intentar obtener la mayor cantidad de información posible.

Además también se intentan sacar imágenes teniendo en cuenta las medidas obtenidas mediante Google Earth, ya que facilitará el trabajo a posteriori.

Un ejemplo de ello es sacar imágenes de partes de fachada de los edificios y con la menor inclinación posible, ya que aplicando luego una regla de tres se puede sacar las alturas y distancias de los elementos.

La ventaja de este método es que proporciona una gran cantidad de información, que junto con la obtenida previamente nos permite comenzar a modelar 3D en Google SketchUp.

Sin embargo esta manera de conseguir información también tiene sus inconvenientes. En primer lugar el tiempo invertido en desplazarse hasta el lugar y hacer todo el recorrido sacando las imágenes es muy superior a los métodos anteriores.

Por otro lado, es muy difícil (prácticamente imposible) conseguir toda la información necesaria en un primer recorrido. Esto es debido a diversos factores:

- El reducido tamaño del display de la cámara no permite visualizar si los detalles obtenidos son válidos al 100%.
- La cantidad de información a recabar es tan grande que hay elementos que se olvidarán de fotografiar en un primer momento, sin percatarnos de ello hasta el momento de estar modelando.
- Las imágenes tomadas no son óptimas.
- Determinados edificios tienen un mayor nivel de seguridad por lo que está prohibido tomar imágenes de ellos. Se debe pedir un permiso que acredite el sacar imágenes. En caso contrario los responsables de seguridad se acercarán a hablar con el fotógrafo.

Todos estos factores implican que se deberá volver más de una vez al lugar para tomar las imágenes necesarias. En nuestro caso, asciende a 4-5 veces, siendo la primera de ella en la que se obtuvo la mayor cantidad de información y las restantes para situaciones puntuales.

Es por eso que el tiempo total invertido es bastante elevado con respecto a los métodos anteriores.

A continuación se muestran varias imágenes de referencia





Figura 2.3 Edificio de los Pinos. Se observa el nº de ventanas y despachos de la parte posterior del edificio. Se puede sacar también la altura del edificio.



Figura 2.4 Biblioteca. Imagen del lateral de la biblioteca en el que se observan detalles del tejado y cúpula





Figura 2.5 Edificio de Las Sóforas. Este edificio, junto con el de Rectorado son los que tienen un mayor nivel de seguridad.



Figura 2.6 Aulario. Parte interior del Aulario. Estos detalles sólo son visibles desde el interior del edificio en el piso superior



Figura 2.7 Imagen general en la que se puede comparar la altura entre biblioteca y resto de edificios, así como ver detalles de los tejados.

### **2.3 MODELADO 3D**

En este apartado estarán todos los modelos creados con Google SketchUp. Hay que tener en cuenta que se han usado básicamente las herramientas explicadas en el Capítulo 1 (Herramienta Línea, Empujar/Tirar y Pintar) junto con alguna más como *Medir*, *Mover* o *Círculo*.

No se va a explicar en detalle los pasos seguidos en el modelado, tan solo se explicará a grandes rasgos los elementos más significativos de cada modelo para su creación y se adjuntarán una serie de imágenes del desarrollo de los mismos.

En general, el elemento más complicado durante todo el proceso ha sido mantener unas medidas iguales entre edificios, así como el distribuir todos los elementos de manera equitativa dentro del propio modelo y respetando el original.

Otro elemento complicado ha sido precisamente el factor que Google SketchUp sea una herramienta sencilla y orientada para todos los públicos, lo que implica que está falto de muchas herramientas complejas que hubieran facilitado la labor de modelado.



### 2.3.1 Aulario

El Aulario, considerado como pórtico del conjunto del campus, dispone de 124 aulas, en las que se imparten las clases teóricas.

Las aulas se han concebido como el lugar para el primer contacto con la vida universitaria, el espacio donde los estudiantes pasan los primeros años de estudios comunes, para después iniciar los cursos de especialización que tendrán su sede en los edificios de los departamentos.

El Aulario tiene una superficie de 26.916 metros cuadrados, distribuidos en cuatro plantas. En cada una de ellas se abren tres cuerpos de aulas.

Para modelar el Aulario se tuvo en cuenta la distribución principal del edificio en tres cuerpos, pero también el hecho de que la parte interior del tejado tuviera un patio, modificando así su geometría básica. Además es un edificio en el que hay columnas y de diferentes tamaños, por lo que se tuvieron que modelar también objetos curvos.

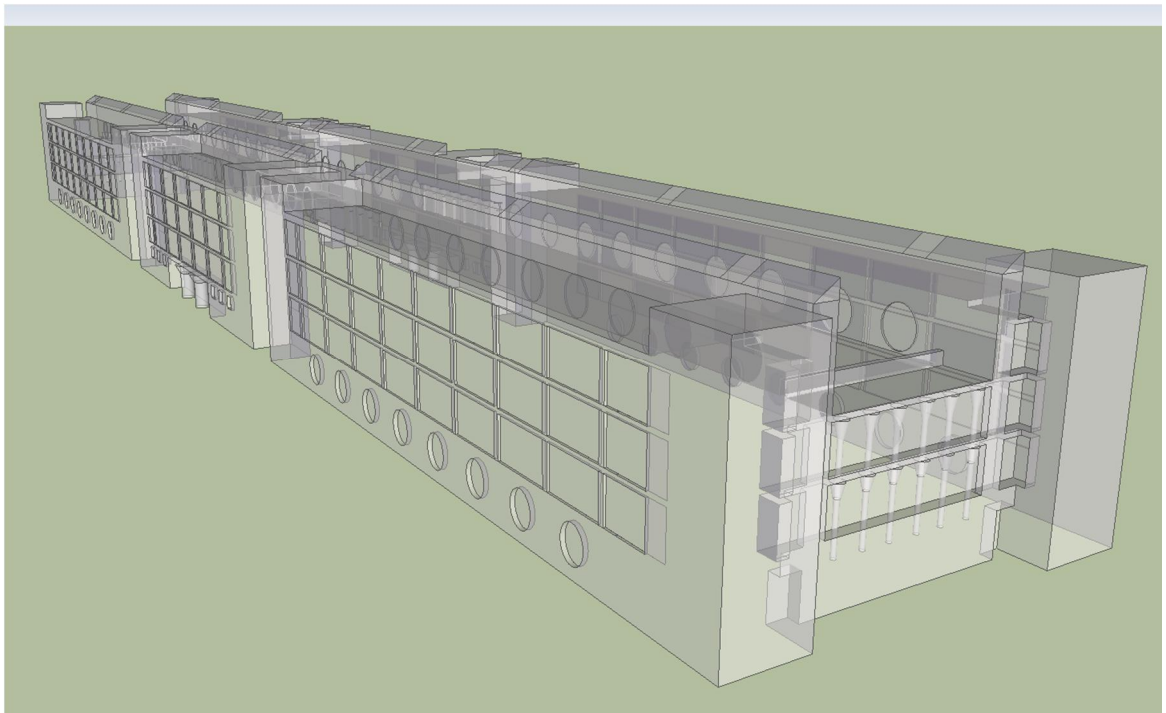


Figura 2.8 Vista general del Aulario ya terminado pero sin texturas. La imagen está tomada en modo Rayos X por lo que se pueden apreciar elementos posteriores.



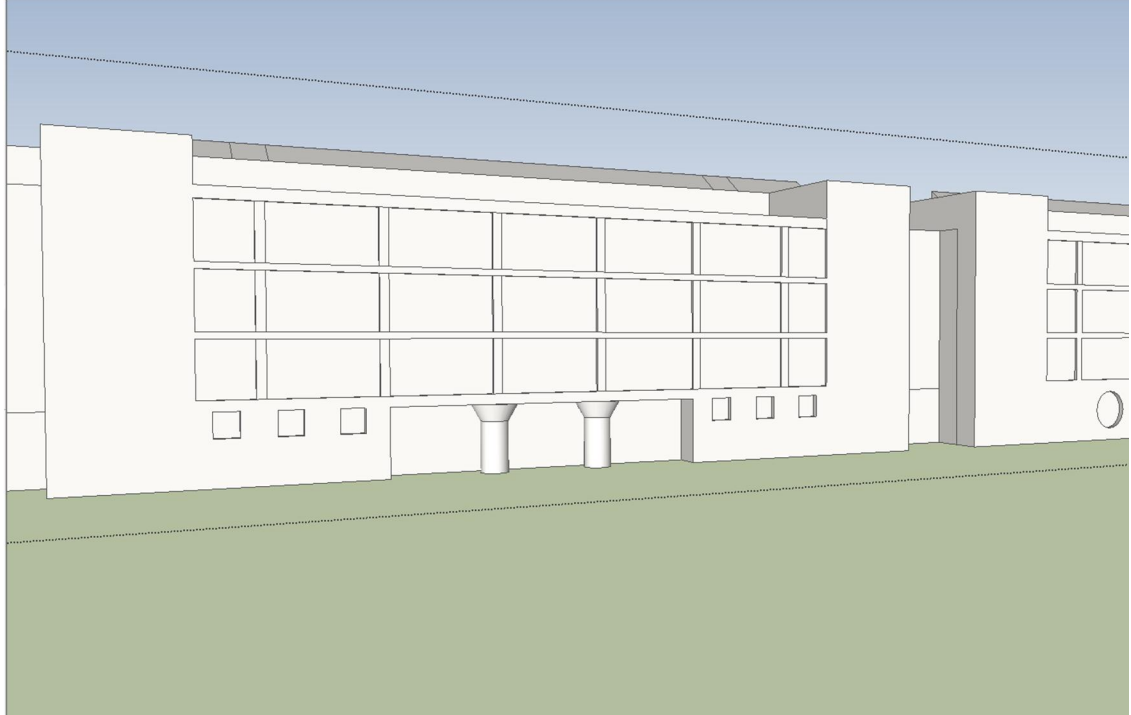


Figura 2.9 Imagen tomada en modo «Monocromo». Se observa la entrada principal, junto con los dos pilares principales.

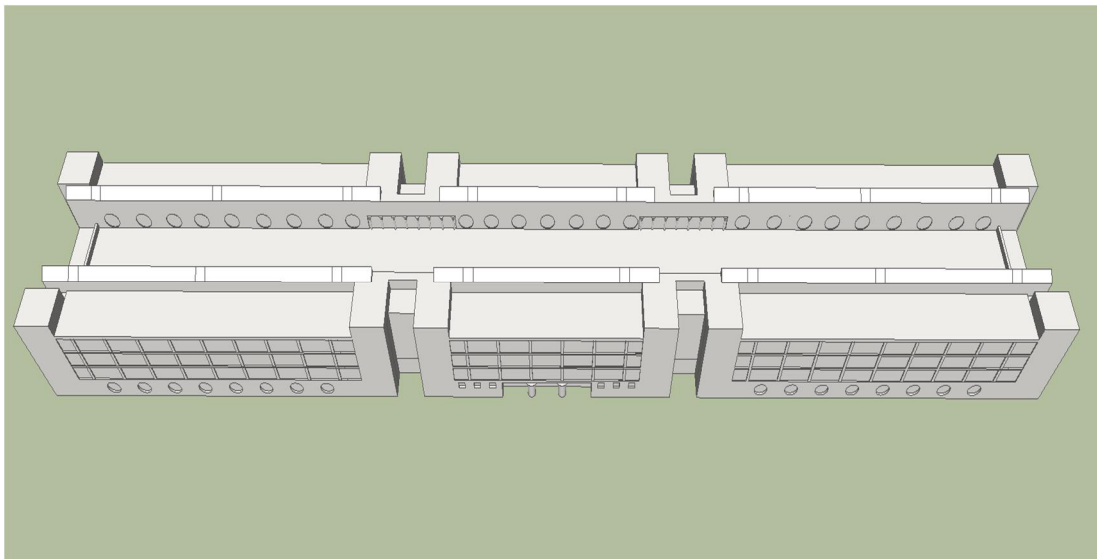


Figura 2.10 Imagen tomada en modo «Monocromo». En esta imagen se aprecia claramente los tres cuerpos en los que se divide el Aulario, siendo el cuerpo central el menor de ellos.

Se puede ver también el patio interior de la cuarta planta, así como los ventanales que lo flanquean y las columnas interiores del mismo.

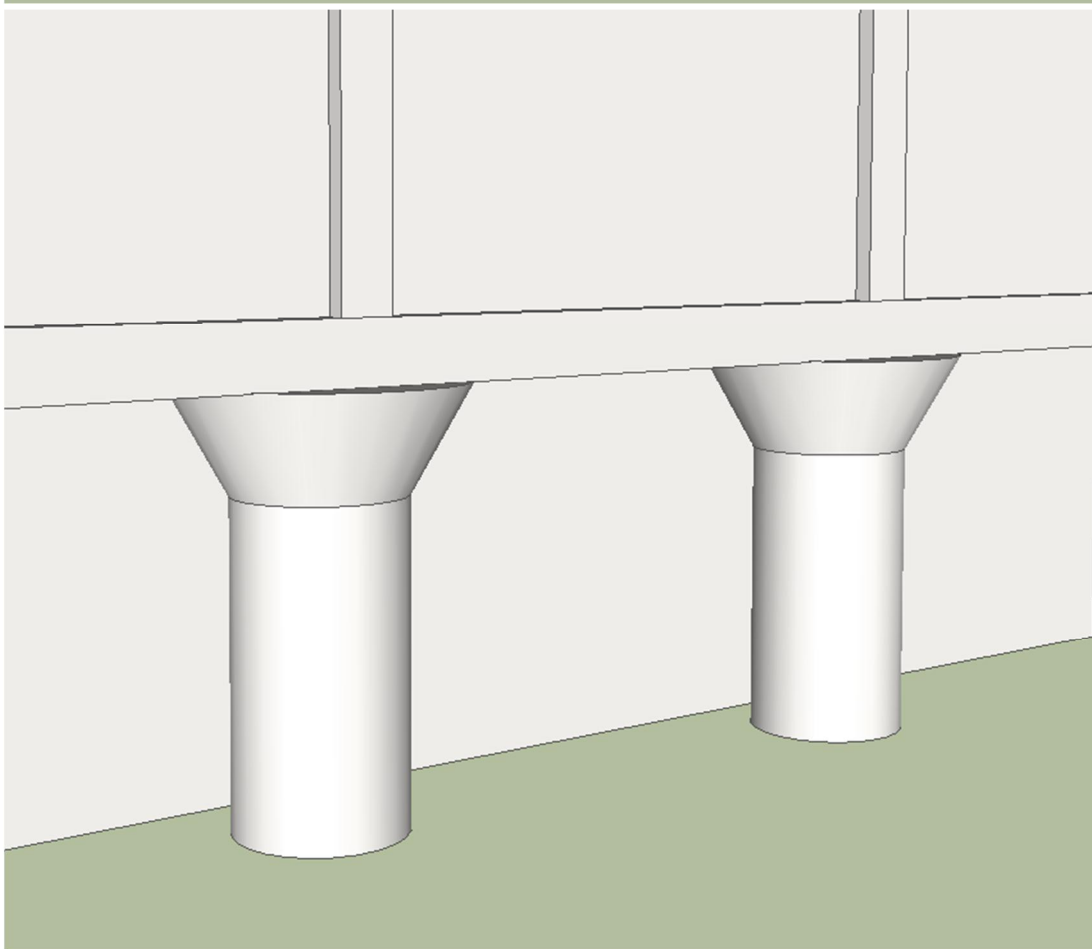
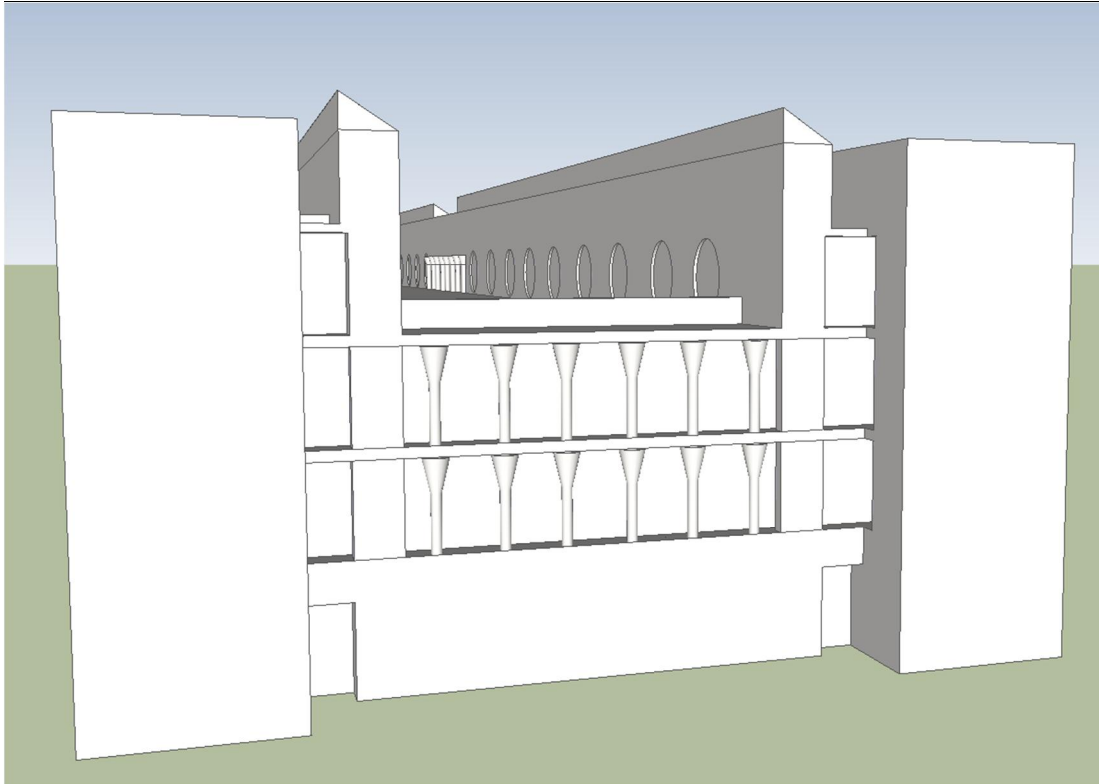


Figura 2.11 y 2.12. Los elementos más complejos de este modelo son las columnas junto con el capitel, que ha sido re-escalado por uno de sus lados.



Figura 2.13 Vista del Aulario con las texturas ya aplicadas

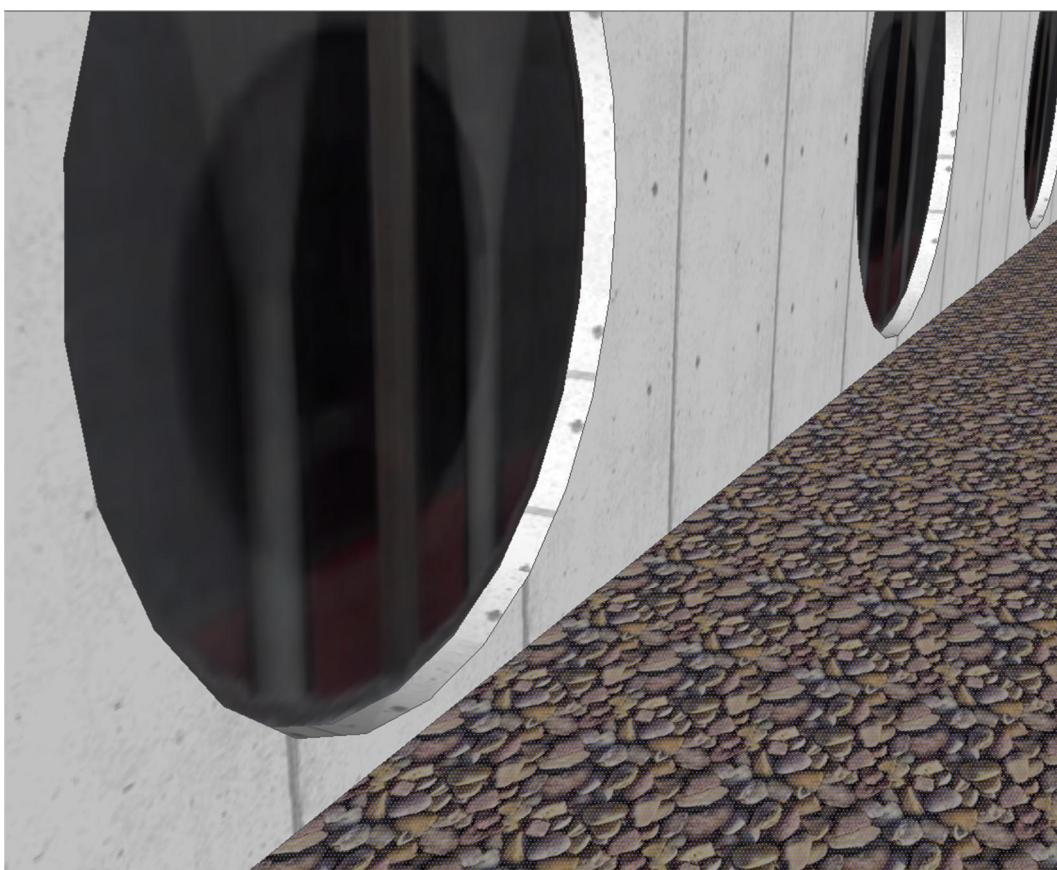


Figura 2.14 Detalle del ventanal del patio interior y el recubrimiento de piedra del suelo.

### 2.3.2 Biblioteca

La Biblioteca es una gran construcción de planta rectangular, orientada de Norte a Sur y cubierta con una espectacular bóveda de cañón de veinte metros de diámetro.

Este edificio se configura como el centro de la Universidad, el punto de referencia en torno al cual se articula el campus.

Cuenta con 798 puestos de lectura en el salón de estudio y más de 400 repartidos en otras salas del edificio. Además, tiene abierta una dependencia en el Edificio de Ciencias de la Salud, dentro del recinto del Hospital de Navarra, con 152 plazas de lectura.

El elemento más significativo es la bóveda. Para modelar este punto se usó la herramienta -Arco. El otro factor clave de este edificio es la gran cantidad de ventanas tanto cuadradas como circulares presentes en el edificio, por lo que su modelado es algo superior en tiempo respecto a otros.

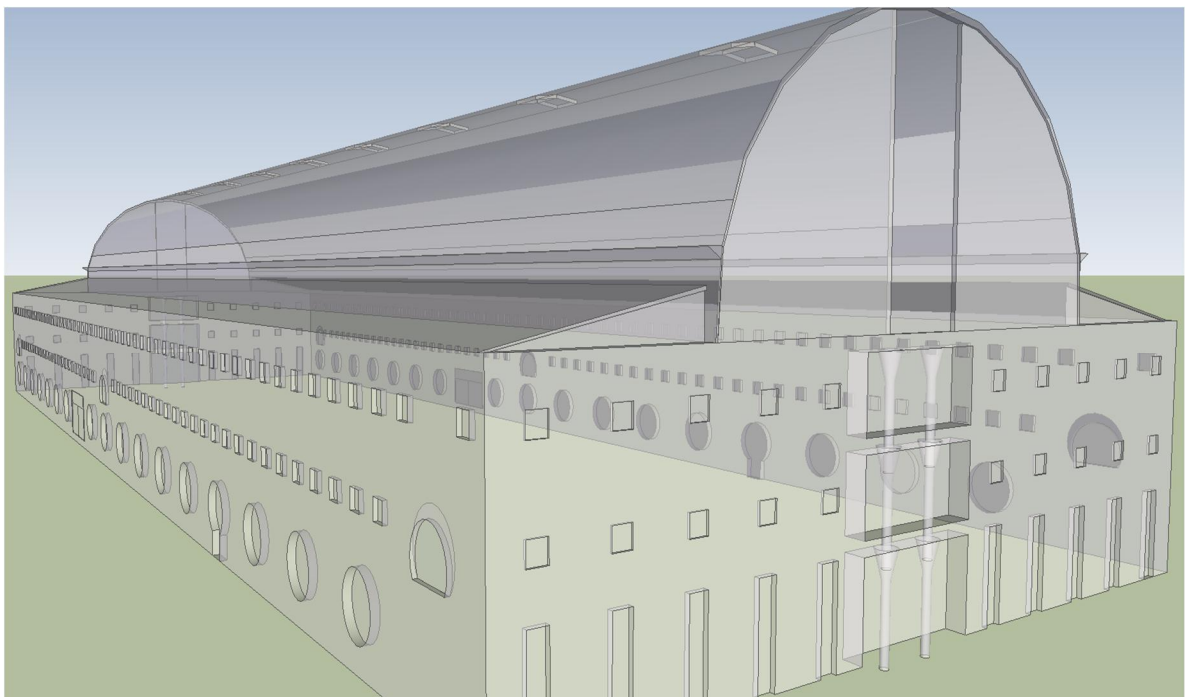


Figura 2.14 Vista general de la biblioteca tomada en modo -Rayos X. Se aprecian los elementos más característicos, la bóveda y la gran cantidad de ventanas.

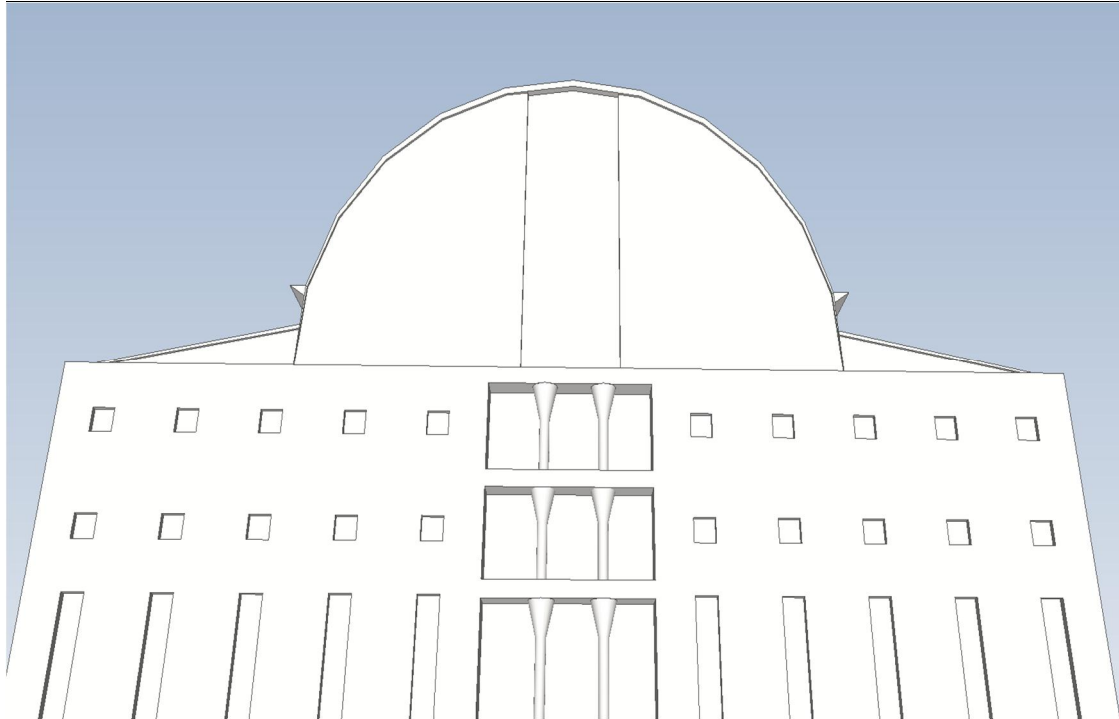


Figura 2.15 Vista de la fachada principal de la biblioteca. Modo "Monocromo"

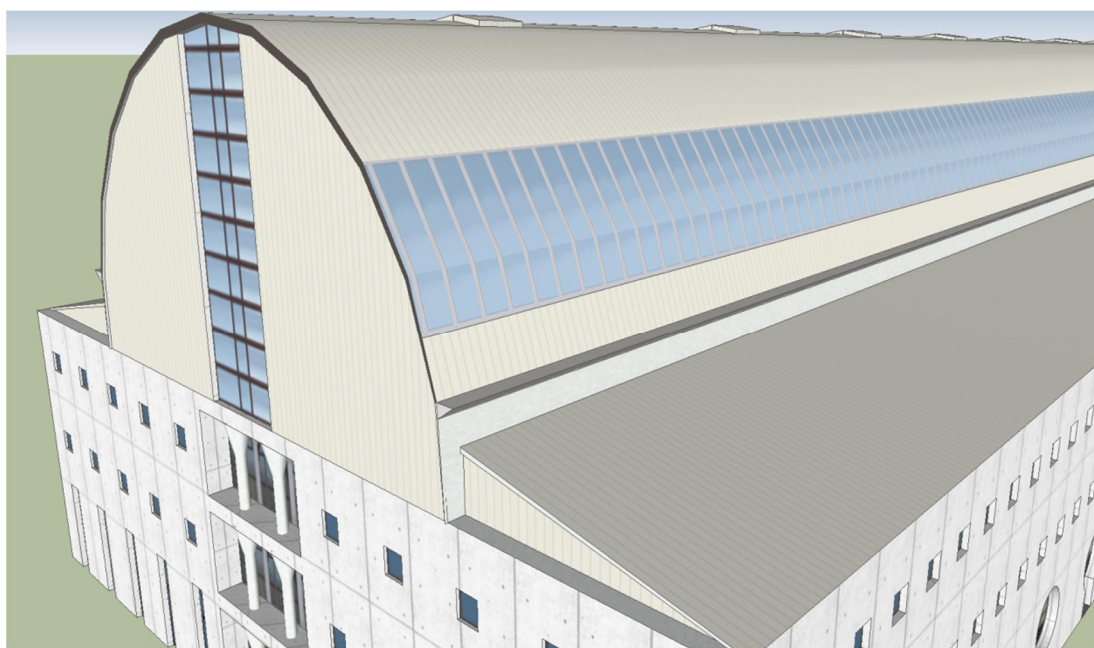


Figura 2.16 Biblioteca texturizada. Se observan las cristalerías laterales de la bóveda



### 2.3.3 Cafetería

La cafetería se encuentra junto al Aulario, en la zona Oeste. Tiene una sola planta, con 670 metros cuadrados de superficie total. Dispone además de una terraza al aire libre, de 300 metros cuadrados, orientada al Sur. Inaugurada en 1998, fue proyectada por Javier Torrens y Virginia Turrillas.

Además hay cafeterías en el Edificio de Ciencias de la Salud y en el Edificio de El Sario.

Este edificio es sencillo en cuanto al diseño, consta de una planta con amplios ventanales. El elemento menos simple a la hora de modelar corresponde al extractor ubicado en el techo.

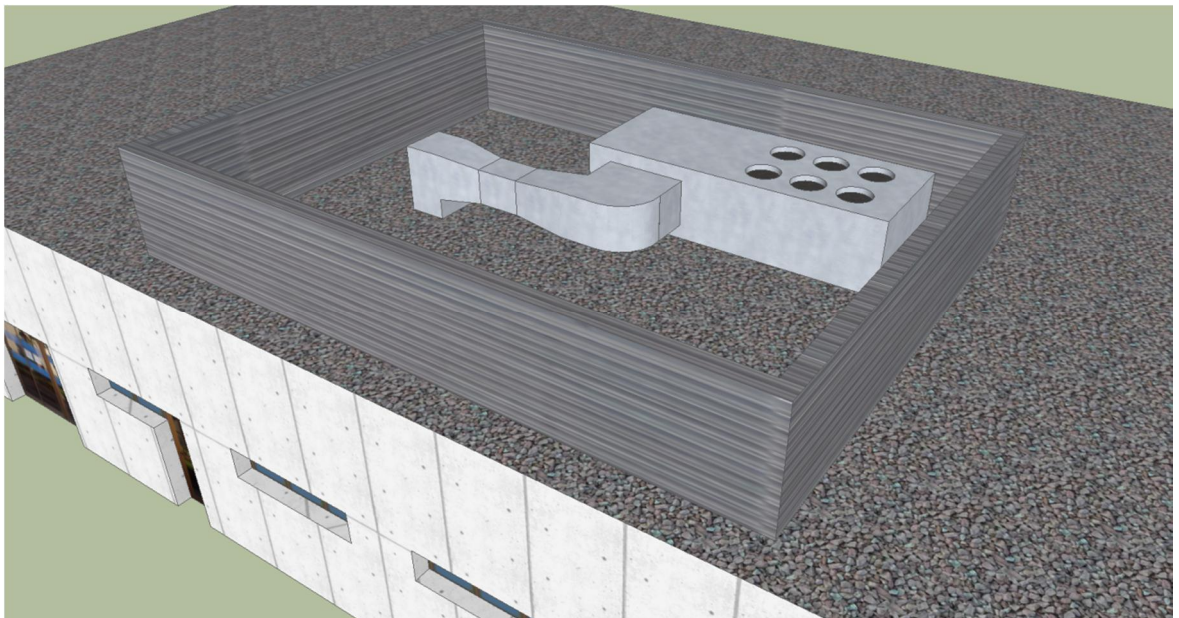


Figura 2.17 Vista del tejado de la cafetería y detalle del extractor.

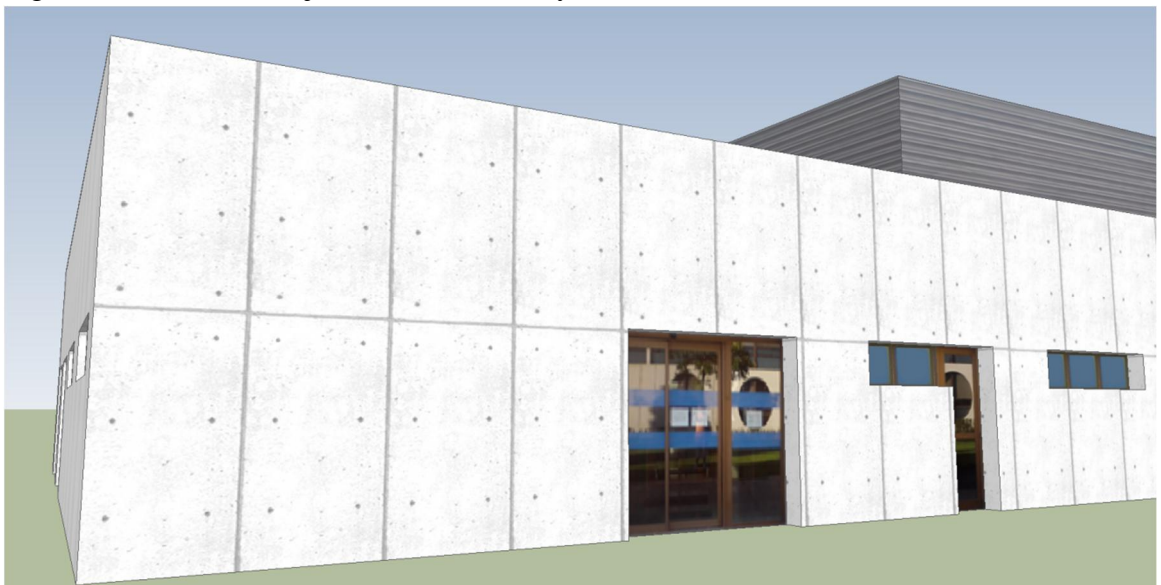


Figura 2.18 Detalle de la entrada de la cafetería.

### 2.3.4 Edificio de los Acebos

El Edificio de los Acebos está ubicado en la parte Oeste del campus, contiguo al Aulario, consta de 4.000 metros cuadrados repartidos en una estructura de planta baja más dos alturas.

Alberga los departamentos de:

- Geografía e Historia
- Física
- Química Aplicada (Área de Química)

Este edificio tiene una mezcla de elementos que hace que su modelado no sea tan monótono como otros edificios. El tejado superior inclinado y la cristalería superior, la combinación de ventanas circulares con ventanas en  $\perp\emptyset$  así como las entradas externas al departamento hacen de este edificio un trabajo más gratificante a la hora de modelar.

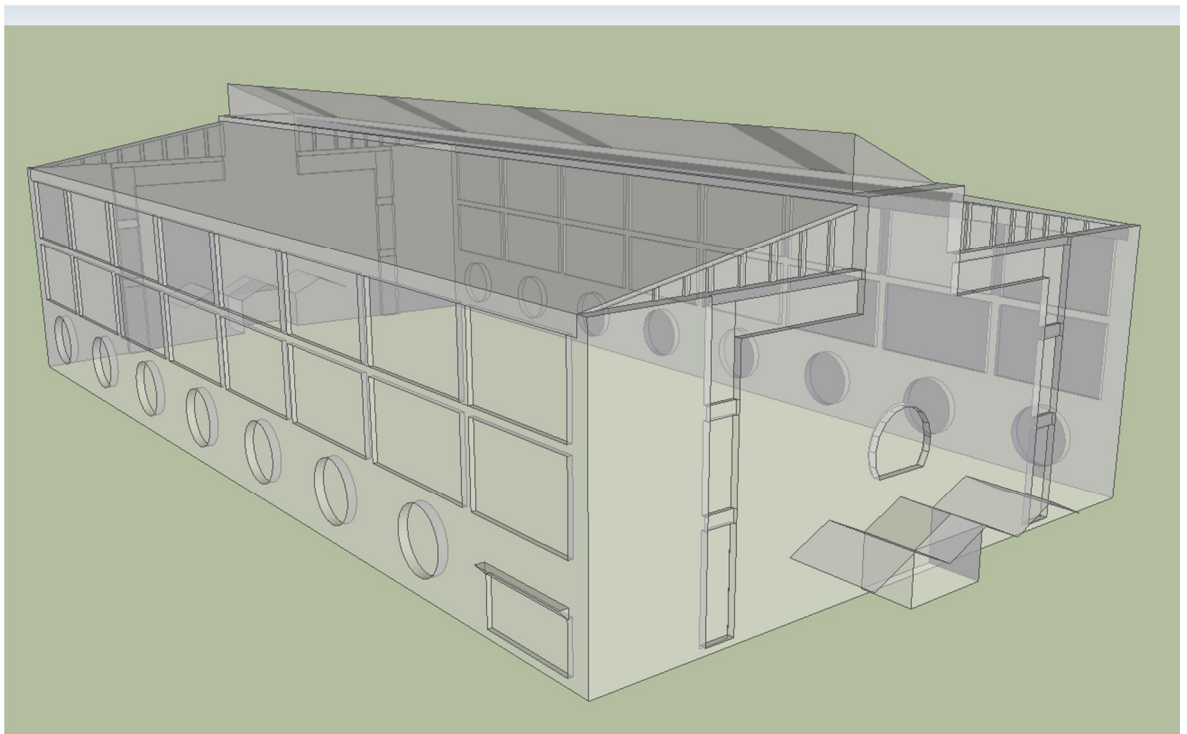


Figura 2.19 Modo  $\perp\emptyset$  Se ve la combinación de ventanas en forma de  $\perp\emptyset$  y semicirculares de la fachada, junto con las circulares de los laterales. También se observa la entrada principal con tejadillo del edificio.

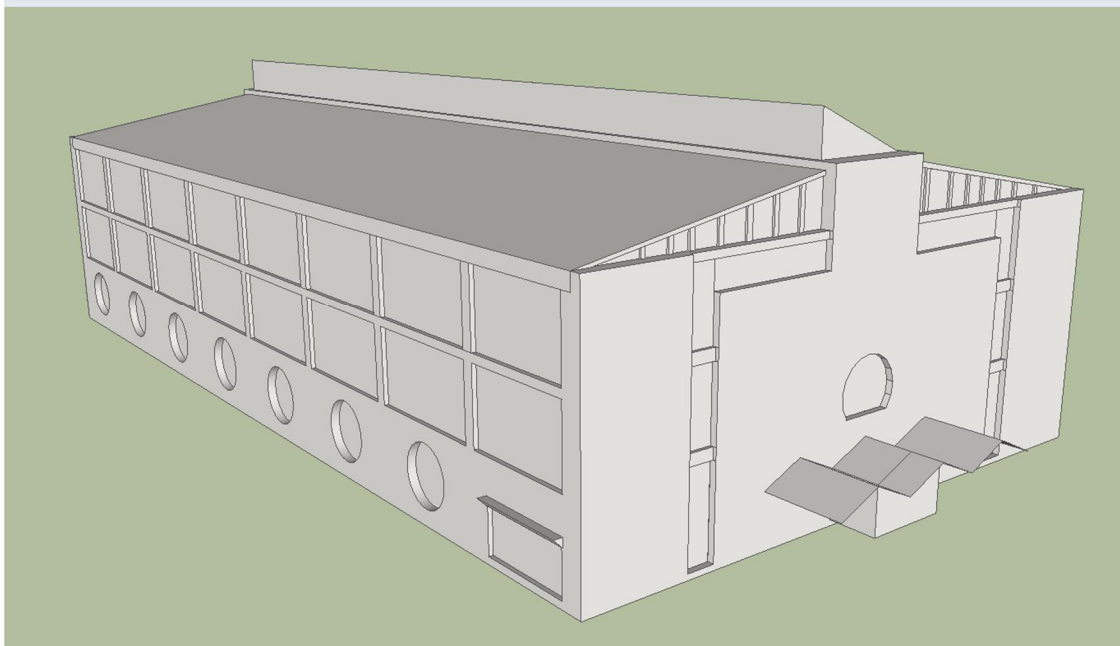


Figura 2.20 Modo "Monocromo"

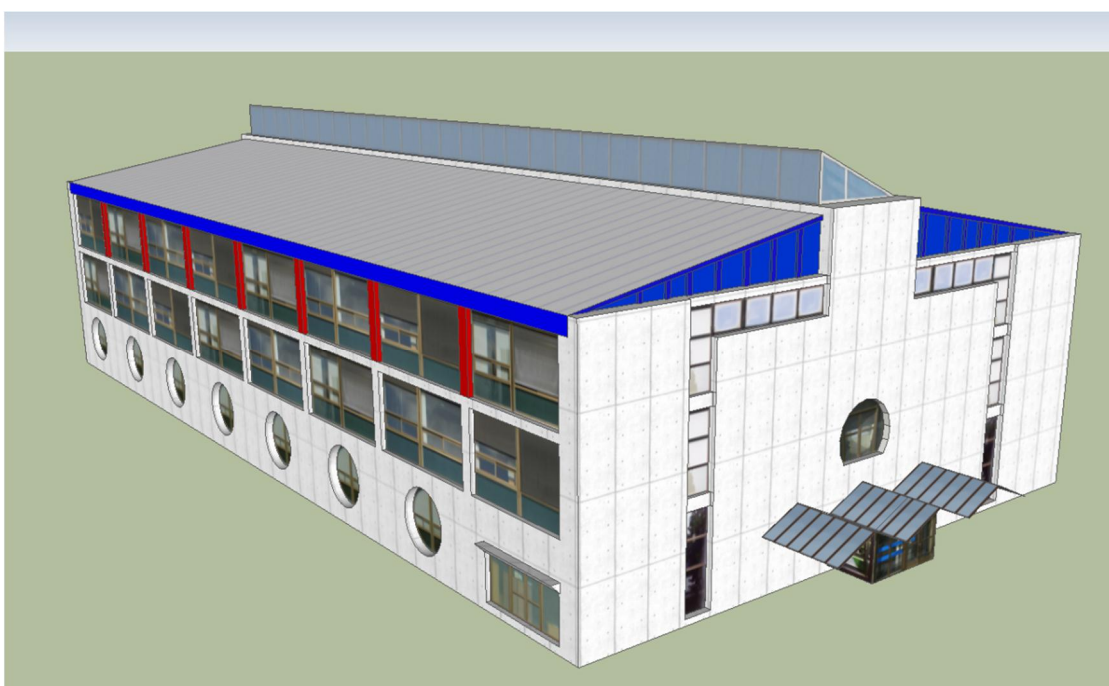


Figura 2.21 Modo "Sólido con textura" Se puede apreciar como gana el edificio una vez aplicadas las texturas correspondientes.



### 2.3.5 Edificio de los Madroños

El Edificio de los Madroños está ubicado en la parte Oeste del campus, perpendicular a la Biblioteca, consta de 4.000 metros cuadrados repartidos en tres cuerpos, con una estructura de planta baja más dos alturas.

Alberga los departamentos y centros de:

- Gestión de Empresas
- Economía
- Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Este edificio es prácticamente igual al de los Acebos, con la única diferencia de las puertas laterales.

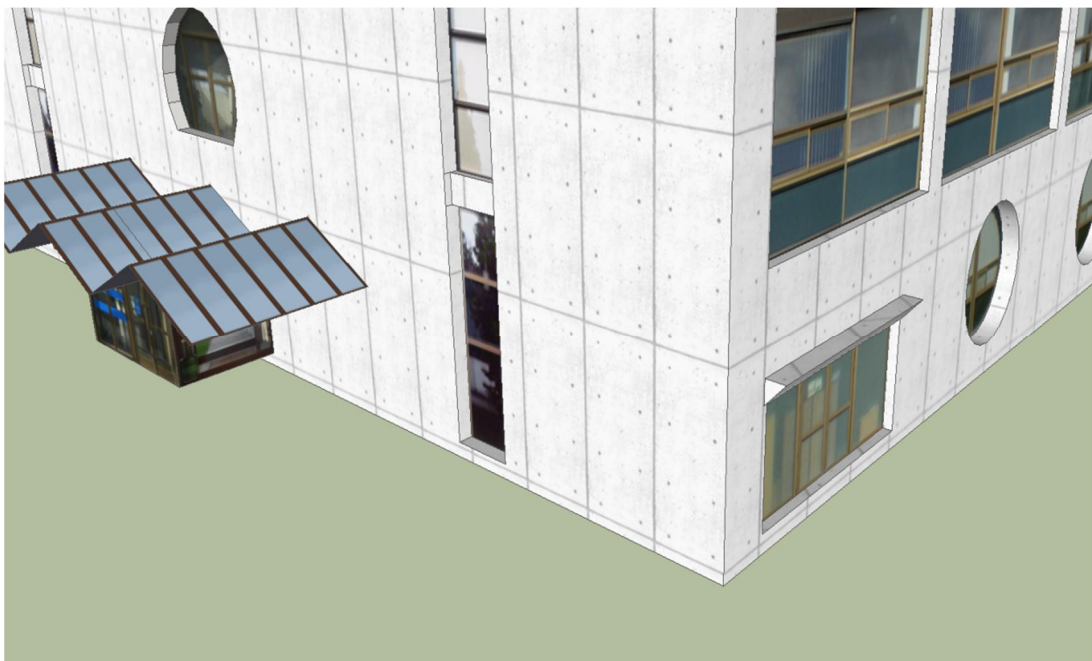


Figura 2.22 La puerta lateral es la mayor diferencia con respecto al edificio de los Acebos.



### 2.3.6 Edificio de los Magnolios

El Edificio de los Magnolios está ubicado en la parte Oeste del campus, contiguo al de las Encinas, consta de 4.000 metros cuadrados repartidos en tres cuerpos, con una estructura de planta baja más dos alturas.

Alberga los departamentos y centros de:

- Filología y Didáctica de la Lengua
- Estadística e Investigación Operativa
- Psicología y Pedagogía
- Sociología
- Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

Este edificio es prácticamente igual al de los Acebos y los Madroños. Únicamente se diferencian en la distribución de las puertas laterales.

### 2.3.7 Edificio de las Encinas

El Edificio de las Encinas está ubicado en la parte Oeste del campus, contiguo al de Comedores, consta de 5.300 metros cuadrados repartidos en cuatro cuerpos, con una estructura de sótano, planta baja más dos alturas. Se halla en él la Sala Ada Byron.

Alberga los departamentos de:

- Derecho Público
- Derecho Privado
- Matemáticas e Informática
- Trabajo Social
- Sala Ada Byron

El edificio es similar a los 3 anteriores, excepto porque la cristallera del tejado no tiene rejilla y por una hendidura en cada lateral del edificio que hace que se vea la planta sótano del edificio.

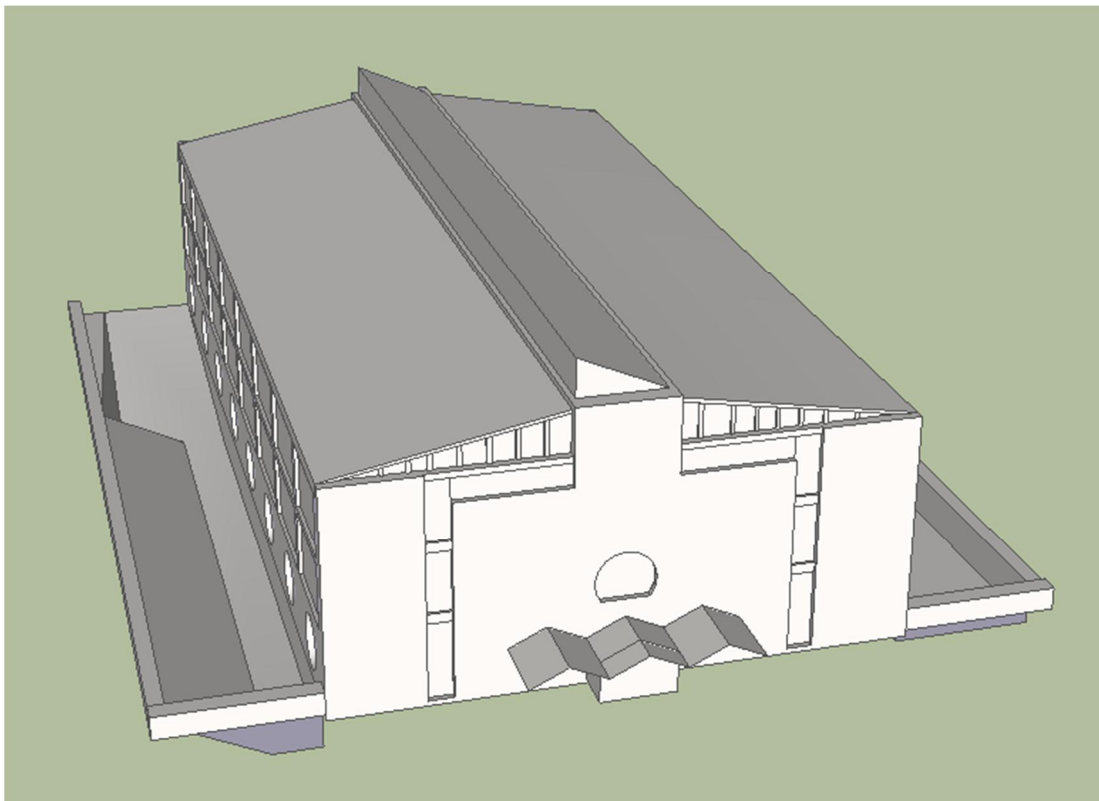


Figura 2.23 Se observan las hendiduras laterales. La de la izquierda es de acceso para coches.

### 2.3.8 Edificio de los Tejos

El edificio departamental de los Tejos, próximo al Aulario, ocupa una superficie de 8.000 metros cuadrados, repartida en planta baja y dos superiores.

Alberga los departamentos de:

- Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- Estadística e Investigación Operativa
- Proyectos e Ingeniería Rural (Áreas de Expresión Gráfica de la Ingeniería y de Proyectos de Ingeniería)
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación

Este edificio es más largo que los anteriores. Los modelos previos tienen una única zona, mientras que este se puede dividir en dos, la principal y una posterior algo menor. Además, la fachada posterior incluye un nuevo elemento como son unas escaleras externas de acceso a la primera planta. Se han seguido las pautas de Google y se ha creado con un único plano, simulando las escaleras a través de la textura.

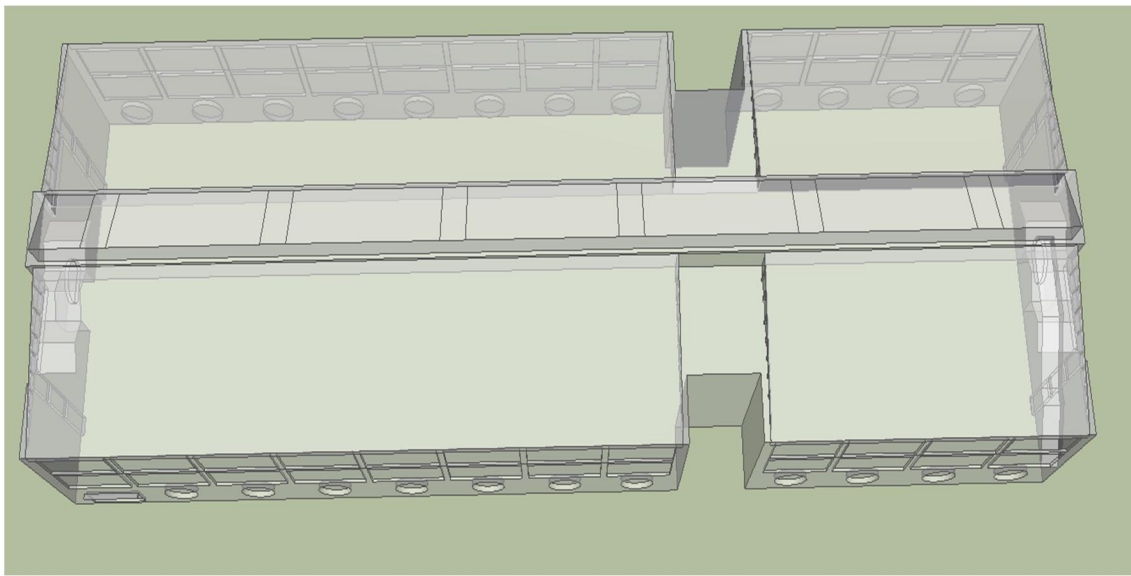


Figura 2.24 Se observan las dos zonas del edificio. La anterior es algo más larga que la posterior. Esta además dispone de unas escaleras externas para acceder al primer piso.

### 2.3.9 Edificio de los Pinos

El Edificio de los Pinos tiene 8.000 metros cuadrados de superficie, repartidos en planta baja y dos superiores.

Alberga los departamentos y centros de:

- Ingeniería Mecánica, Energética y de Materiales
- Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- Automática y Computación

El edificio de los Pinos es exactamente igual al edificio de los Tejos, por lo que se clonó íntegramente.

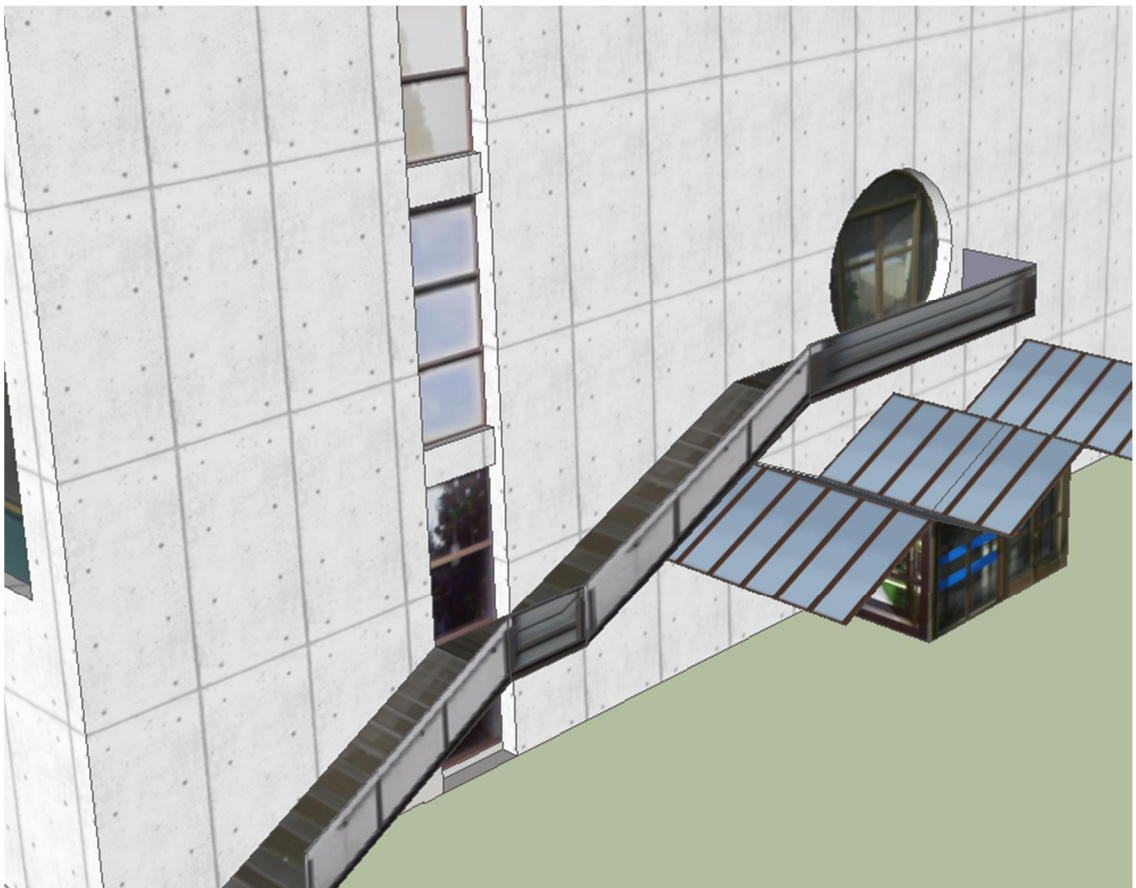


Figura 2.25 Detalle de la escalera de acceso al primer piso ubicada en la parte posterior del edificio.

### 2.3.10 Edificio de los Olivos

El Edificio de los Olivos está ubicado en la parte Este del campus, en sentido paralelo a la Biblioteca, consta de 10.700 metros cuadrados repartidos en tres cuerpos, con una estructura de planta baja más dos alturas.

Alberga los departamentos y centros de:

- Química Aplicada (Area de Tecnología de Alimentos)
- Ciencias del Medio Natural
- Producción Agraria
- Proyectos e Ingeniería Rural (Áreas de Ingeniería Agroforestal y de Ingeniería Hidráulica)
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

El edificio tiene un diseño similar a los dos anteriores, con la diferencia que está orientado de otra manera y por lo tanto tiene las entradas en diferentes lugares. Además, está compuesto de tres zonas diferenciadas frente a las dos de los edificios de los Tejos y Pinos.

Al tener SketchUp una herramienta de -Giroø muy deficiente (en comparación con otros programas de diseño 3D) se optó por modelar el edificio desde cero sin reutilizar partes de otros edificios.



Figura 2.26 Edificio de los Olivos. Se observa las tres partes del edificio, así como las entradas principales.



### 2.3.11 Edificio de Comedores

Los comedores están situados en la zona suroeste del Campus, contigua al edificio de los Magnolios, se trata de una construcción de una sola planta, con una superficie construida de 1.490 metros cuadrados y capacidad para 500 personas. El proyecto es de Javier Torrens y Virginia Turrillas.

Inaugurado el edificio en septiembre de 1998, dispone de dos comedores, "Los Nogales" con capacidad para 360 personas y "Los Granados" con 60 plazas.

Al igual que la Cafetería, el único elemento que no está modelado con las herramientas habituales son los extractores del techo. Se ha usado el comando «Escalar» para ir modificando de forma gradual la anchura del conducto.

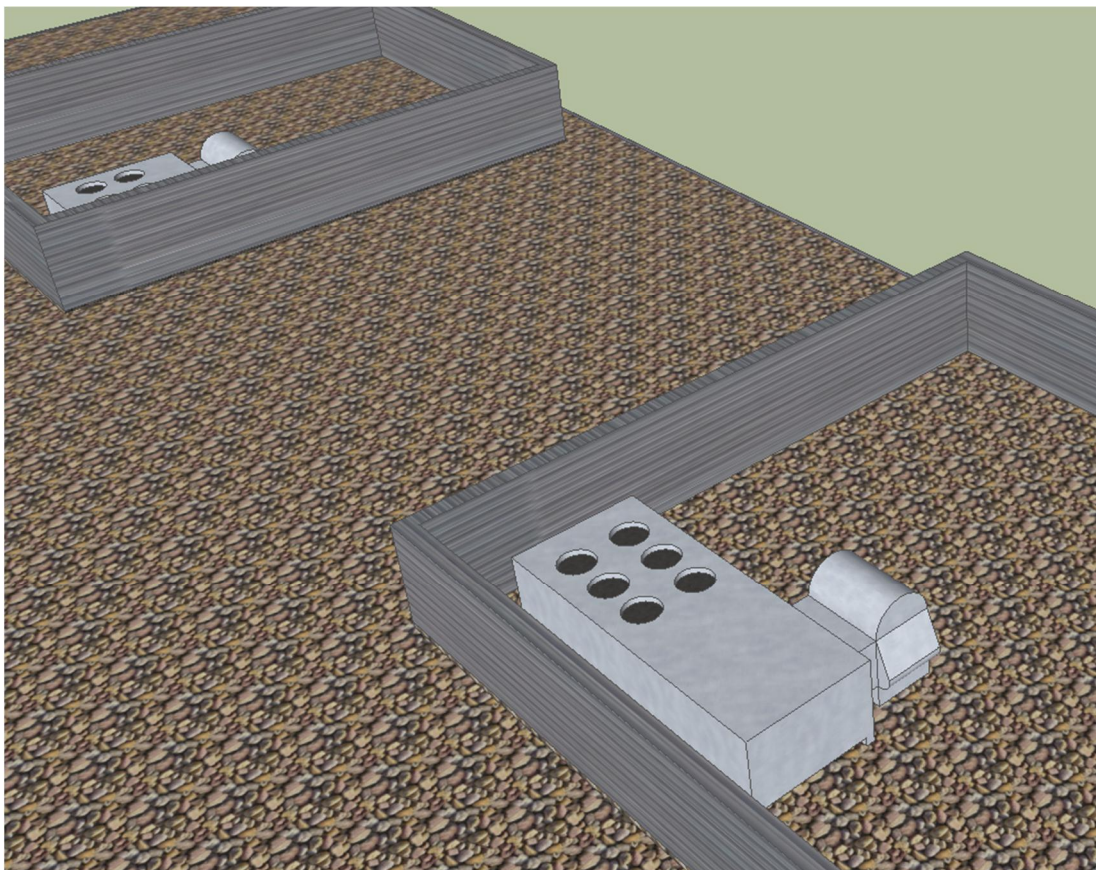


Figura 2.27 Detalle del tejado del Comedor con los extractores.

### 2.3.12 Edificio de las Sóforas (Administración y Gestión)

Proyectado por el arquitecto Luis Felipe Gaztelu, el edificio se encuentra al final del campus, junto al Rectorado, y tiene una superficie de 3.600 metros cuadrados, que se distribuyen en tres plantas. Congrega al personal no docente, el que se dedica a la administración y gestión de la Universidad, al tiempo que es sede del Consejo Social de la Universidad.

Este modelo tiene la mayor complicación en conectarlo de manera correcta al terreno. Esto es así porque el terreno tiene un nivel por la parte delantera y un lateral del edificio, mientras que por la parte posterior y el lateral restante la orografía descende de manera abrupta.

Por ello se tomaron bastantes imágenes con el objetivo de tener buenas referencias. Este es uno de los edificios en los que no está permitido tomar fotografías sin permiso.

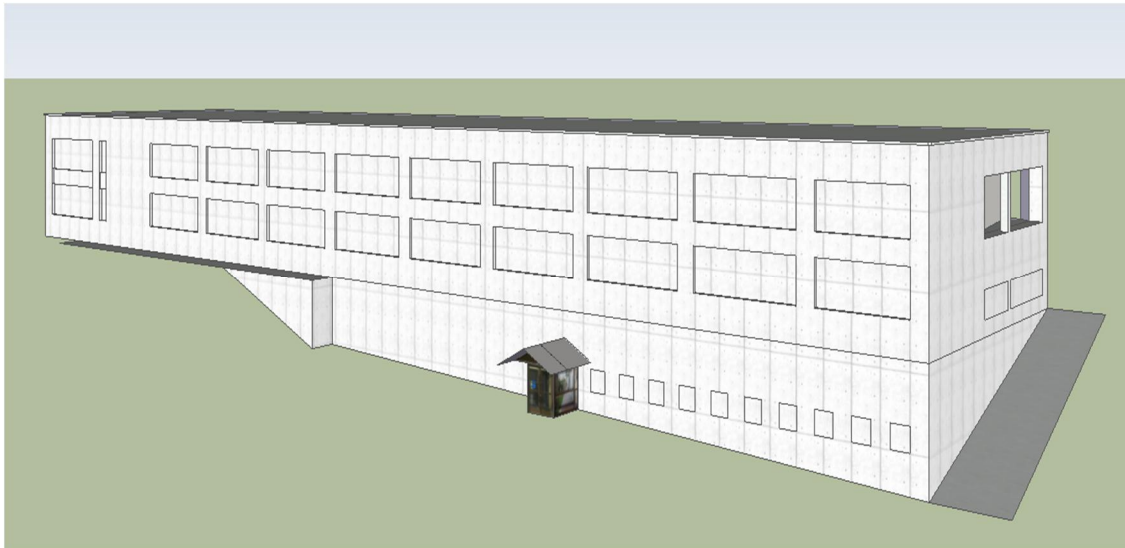


Figura 2.28 Parte trasera del edificio, está a diferente nivel que la zona delantera.



### 2.3.13 Edificio de Rectorado

Tiene 3.726 metros cuadrados de superficie, que se reparten en planta baja y primera. Aquí, entre otras dependencias, se encuentran los despachos del Rector y vicerrectores, y la sala de prensa. A todas estas dependencias se accede a través de un gran vestíbulo iluminado por una original linterna central.

Al igual que sucede con el edificio de las Sóforas, el Rectorado también tiene variaciones de nivel dependiendo del lado del edificio.

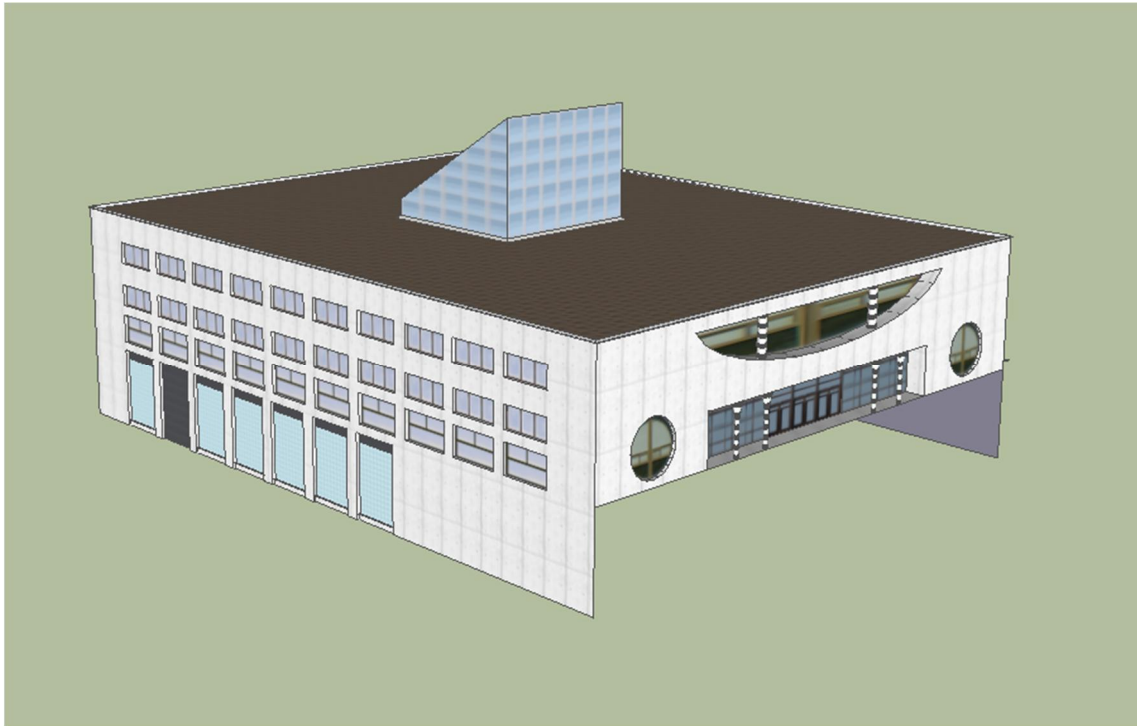


Figura 2.29 Edificio de rectorado

### 2.3.14 Terreno

El terreno en el cual se encuentran ubicados los edificios modelados. Este terreno corresponde a la zona del campus de Arrosadía.

Hay que tener en cuenta que la orografía en Earth proviene de información obtenida a través de satélites. Esto implica que en grandes superficies tiene un buen comportamiento, sin embargo con la orografía de superficies pequeñas no sucede lo mismo.

En un principio se modelaron un par de edificios en los que los fallos respecto a la orografía no eran apreciables, pero al continuar con el proyecto se observó que iba a ser un problema grave.

Se decide entonces crear un terreno y modificar sobre la marcha todos los edificios, para acondicionarlos al nuevo entorno.

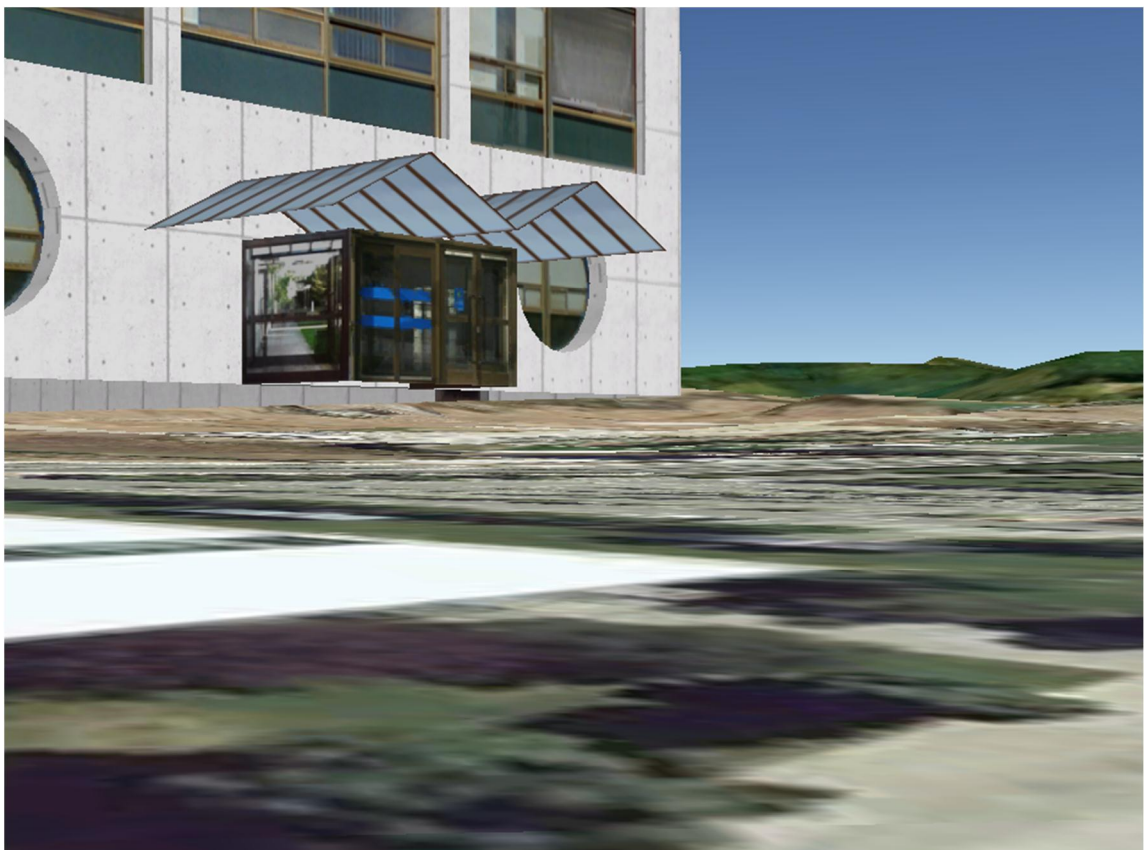


Figura 2.30 La inexactitud de la orografía de Google Earth provoca la existencia de edificios «voladores»

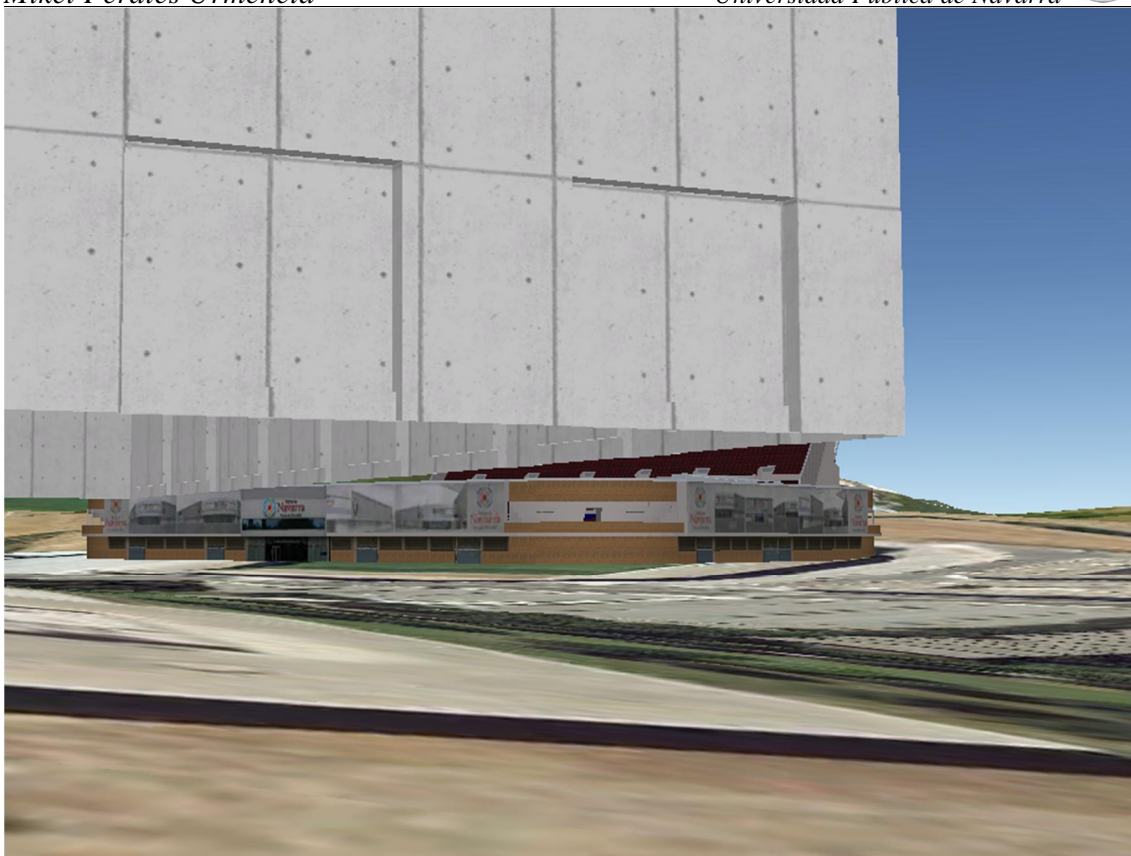


Figura 2.31 Se aprecia el estadio Reyno de Navarra debido a una orografía incorrecta de Google Earth.



Figura 2.32 En gris el nuevo terreno que se subirá a Google Earth.

Uno de los mayores problemas de esta fase fue el texturizar. Hay que tener en cuenta el terreno de Google Earth y el texturizado del modelo para sincronizar los extremos. De no hacerlo correctamente el resultado en la integración final no será el óptimo. Además hay un factor extra, la calidad de la imagen usada como textura no puede ser tan elevada como las de Google Earth ya que existen limitaciones de tamaño (10 megas) a la hora de subir archivos, por lo tanto la diferencia de calidad es apreciable.



Figura 2.33 Diferencia de calidad entre la textura del terreno (izquierda) y la de Google Earth (derecha)

También se ha optado por añadir árboles al terreno para conseguir un mayor realismo del modelo final. Sin embargo nos hemos encontrado con el problema que la cantidad de árboles generados en 3D hacen el modelo tan pesado que ni siquiera el PC en el que se está trabajando es capaz de gestionar.

La solución ha sido optar por árboles en 2D pero formados cada uno por 8 caras unidas por su eje vertical y separadas 45° entre ellas, consiguiendo un resultado efectivo y convincente manteniendo unas buenas prestaciones.

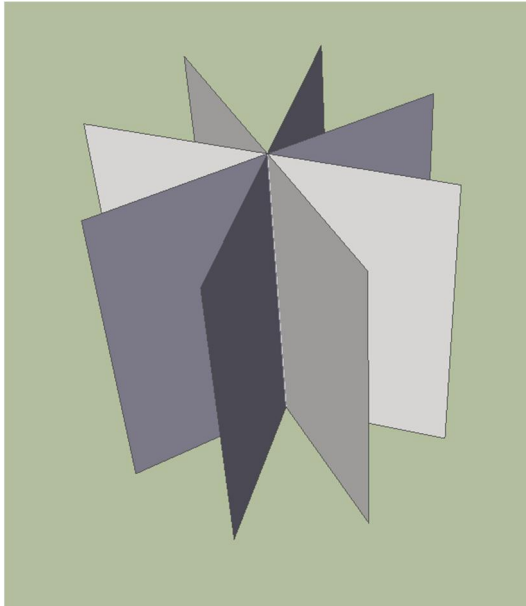


Figura 2.34 Así se crean los árboles en 2D. Desde determinados ángulos simulan perfectamente a su homólogo en 3D.

Crear estos árboles es una tarea sencilla, sin embargo se ha optado por usar 3 modelos existentes en la Biblioteca 3D de SketchUp para agilizar el proceso.





## **2.4 TEXTURIZADO**

Una primera aclaración sobre el tema de texturizado es comprender qué es una textura. Una textura es una imagen de tipo bitmap utilizada para cubrir la superficie de un objeto virtual, ya sea tridimensional o bidimensional. Multitexturizado es el uso de más de una textura a la vez en un polígono. Hablando en profundidad es un conjunto de primitivas o elementos denominados "texels", estos se asimilan a un conjunto contiguo de elementos (pixels en 2D) con alguna propiedad tonal o regional.

Es decir, aplicando una textura a un objeto virtual se puede hacer que nos transmita una determinada sensación, que el objeto sea rugoso, liso, gastado, acusosoí

Esta técnica consigue que los objetos creados virtualmente tengan un mayor realismo (si se desea) y por lo tanto se consigue mayor integración con el resto de la información, llegando muchas veces a confundir al ojo humano.

Programas de diseño complejo como 3D Max o Maya consiguen unos resultados extraordinarios respecto a este aspecto del texturizado.

Por el contrario, Google SketchUp es un programa más modesto en el que únicamente se pueden aplicar texturas simples pero sin ningún efecto adicional como bump, displacement, specular level o similares, por lo que el resultado final no será comparable a de los programas antes citados.

Está también la limitación de tamaño en los modelos de Google Earth, por lo que debe buscarse un compromiso entre la calidad de las texturas y su tamaño. Para ello se ha utilizado un software de edición de imagen para retocar las texturas. El programa usado es Photoshop CS5 Extended.

### 2.4.1 Usando Photoshop CS 5 Extended

Adobe Photoshop es el nombre o marca comercial oficial que recibe uno de los programas más populares de la casa Adobe que trata esencialmente de una aplicación informática en forma de taller de pintura y fotografía que trabaja sobre un "lienzo" y que está destinado para la edición, retoque fotográfico y pintura a base de imágenes de mapa de bits (o gráficos rasterizados). Su capacidad de retoque y modificación de fotografías le ha dado el rubro de ser el programa de edición de imágenes más famoso del mundo. El propósito principal de Photoshop es la edición fotográfica aunque este también puede ser usado para crear imágenes, efectos, gráficos y más en muy buena calidad.

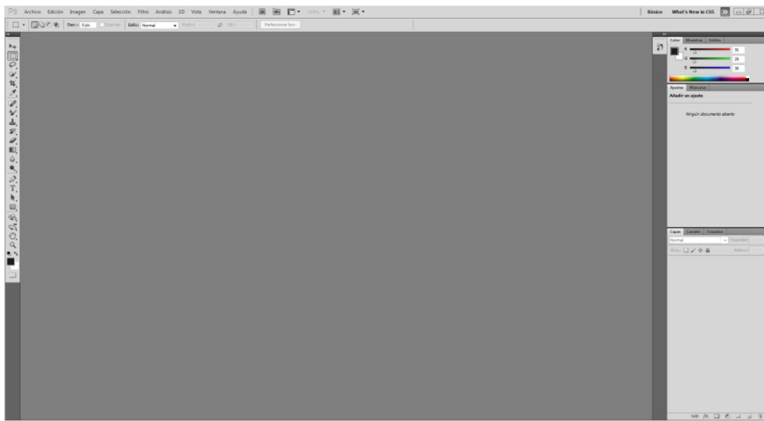


Figura 2.35 Interfaz principal de Photoshop CS5 Extended.

En este proyecto se ha usado Photoshop para adaptar las texturas a los requisitos exigidos por Google Earth. Los pasos a desarrollar son sencillos:

1. Disponer de una imagen (Figura 2.36) en la que el elemento a extraer esté lo más centrado posible, así como con una buena calidad de imagen.



Figura 2.36 Esta imagen pesa 2,63 Mb, interesa únicamente la puerta de entrada

2. Se abre la imagen seleccionada en Photoshop y con la herramienta «Marco Rectangular» (M) se selecciona la parte que interese. A continuación se copia esa selección y se pega en un archivo nuevo (el cual se habrá configurado con una resolución de 20).

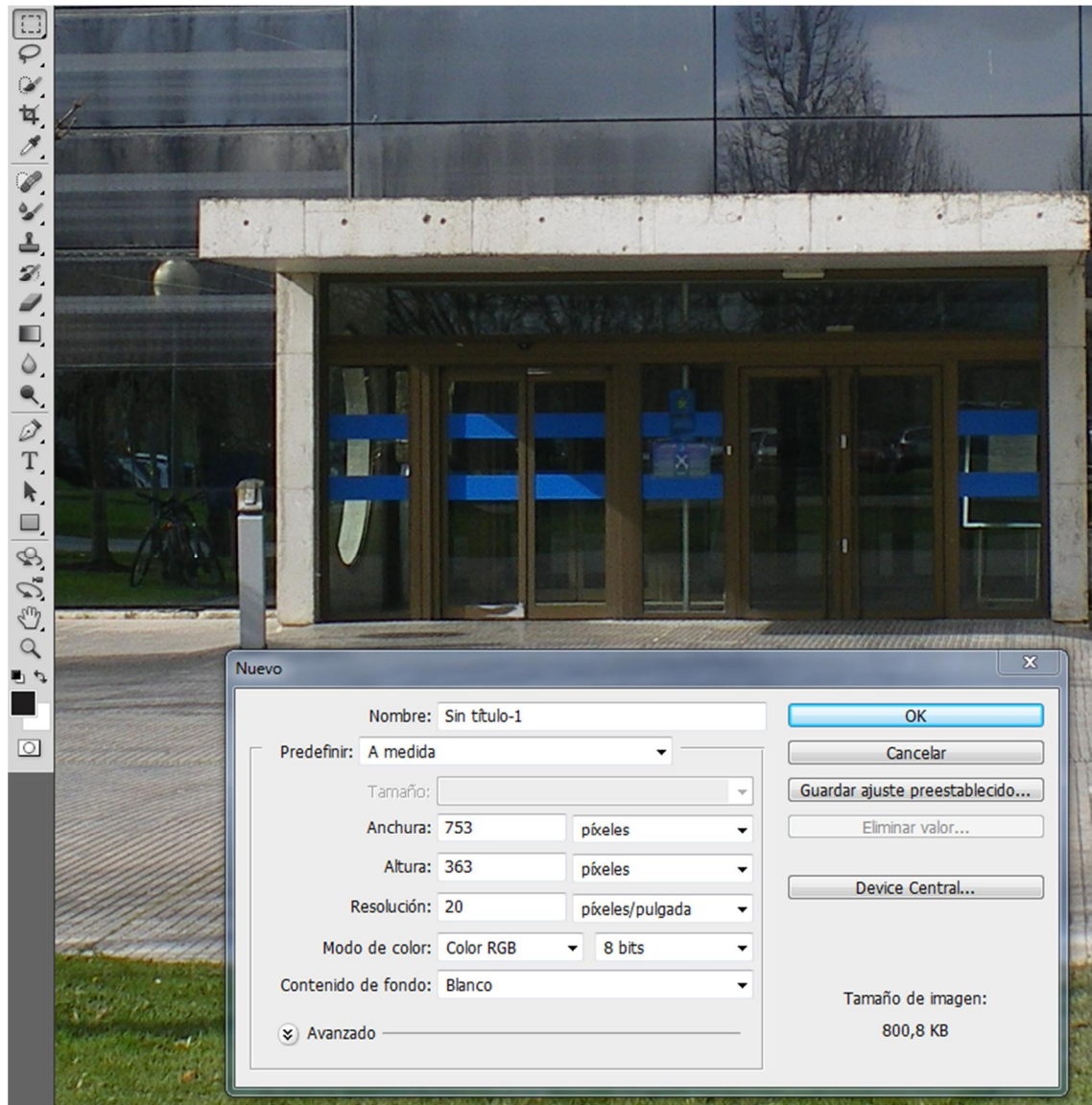


Figura 2.37 Se bajará la resolución a 20 en la configuración del archivo nuevo. Se observa que el tamaño de imagen es ahora de 800 KB.



3. Si se tiene la textura centrada y despejada de elementos (como sucede en este caso) se pasa a modificar el tamaño de la imagen. Una vez hecho esto, se salva el documento y la textura ya está lista para aplicarse al modelo.

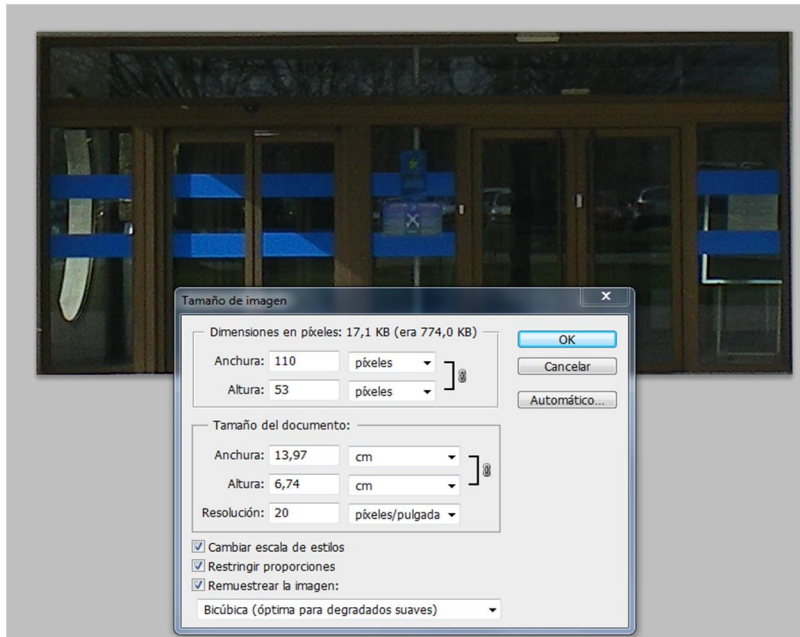


Figura 2.38 Se baja el tamaño en píxeles de la imagen manteniendo las proporciones. Se ha pasado de una imagen de 2,63 MB a una textura de 17,1 KB.

4. Si la imagen tiene elementos innecesarios o molestos que afecten a la textura se puede retocarla de manera rápida con diversas herramientas como 'Varita mágica' para seleccionar zonas, 'Cuentagotas' para tomar una muestra de color de otra parte de la imagen, 'Pincel' en todas sus variantes para pintar la imagen (se pueden crear multitud de formas, grosores..) o 'Mixer Brush Tool' para mezclar colores. También se puede retocar el contraste, intensidad o brillo de la imagen. En este ejemplo se va a quitar la parte de la ventana circular de la izquierda y se la dará a la imagen un poco más de brillo.

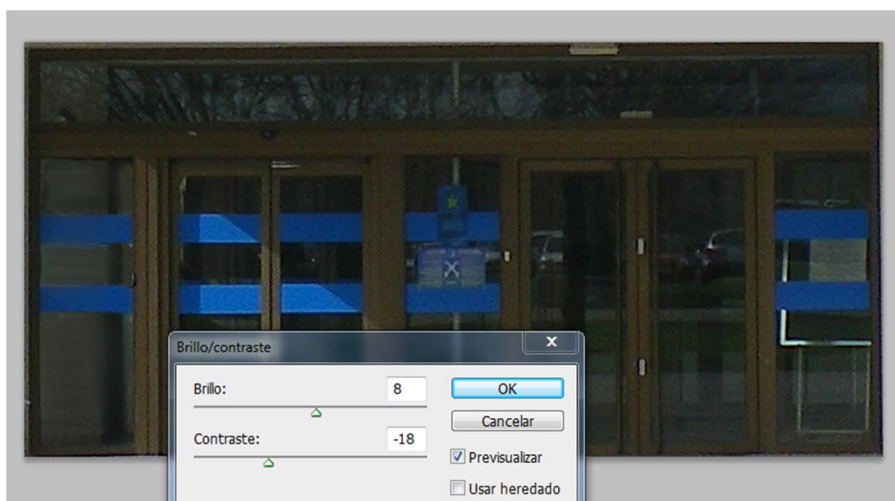


Figura 2.39 Textura lista para aplicar en Google SketchUp

Estos pasos descritos se aplican a todas las texturas presentes en los modelos creados en SketchUp. La cifra de texturas asciende a 65 materiales diferentes.



Figura 2.40 Ejemplos de texturas que se han utilizado en los modelos.

### 2.4.2 Aplicando texturas en SketchUp

Una vez finalizado el modelado 3D y obtenidas las texturas el paso siguiente es texturizar los edificios y terreno.

Para ello nos valdremos de la herramienta -Pintar-

1. Se selecciona la herramienta Pintar. El cursor se convierte en un bote de pintura y se activa el Explorador de materiales. El Explorador de Materiales contiene bibliotecas de materiales que pueden aplicarse a las caras del modelo.
2. Se selecciona una biblioteca de materiales en la lista desplegable. SketchUp incorpora diversas bibliotecas de materiales por defecto que incluyen materiales diversos para paisajes, tejados, materiales transparentes, etc.
3. Se selecciona un material en la biblioteca de materiales, en este caso es la carpeta donde tengamos guardadas nuestras texturas previas.
4. Se hace clic en las caras que deseemos pintar. El material se aplicará sobre las caras.
5. Si se eligen varios elementos con la herramienta de selección, se puede pintar todos los elementos con un solo clic.

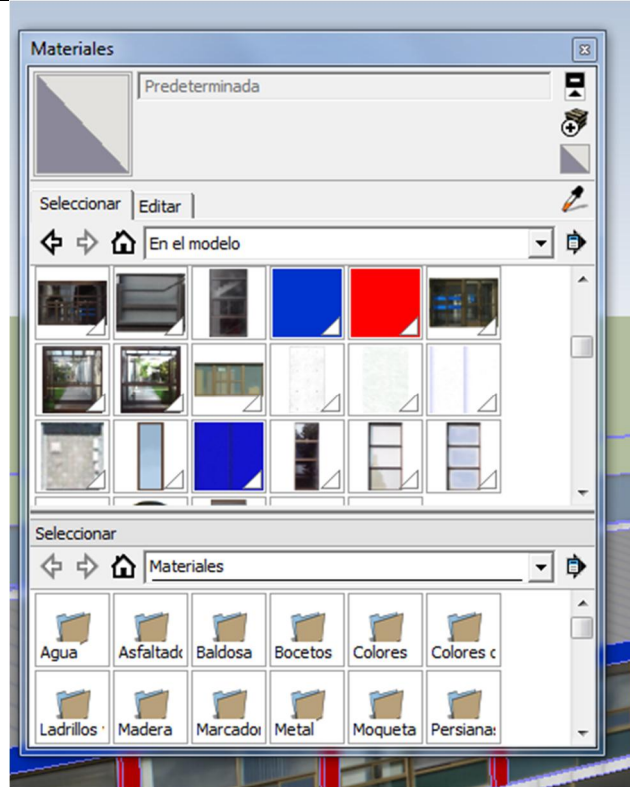


Figura 2.41 Desplegable en el que seleccionamos la textura.

6. El siguiente paso es -Situare la textura correctamente en el modelo, ya que nunca quedan bien alineadas. Para colocarlas correctamente, se selecciona la cara en la que esté situada la textura y con el botón secundario se pincha en la opción -Situare Textura.

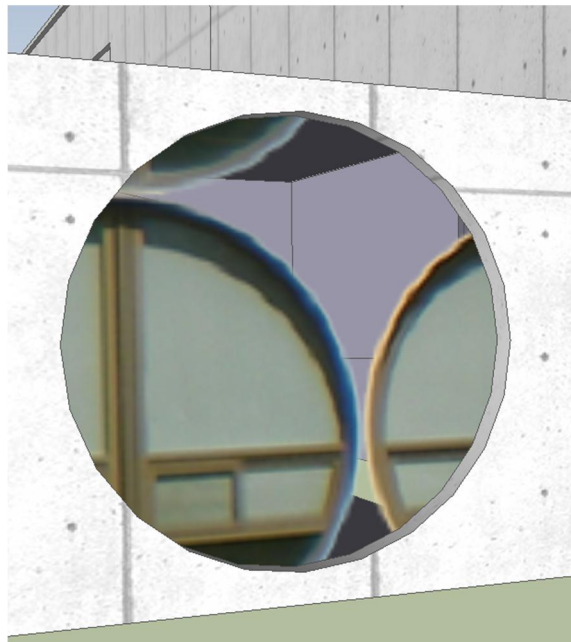


Figura 2.42 Textura mal colocada de un Ventana tras usar la herramienta -Pintare

7. Aparecerán unos «Alfileres» pueden ser Fijos (de color Rojo, Verde, Azul y Amarillo) permiten re-escalar, girar o estirar la textura. Los alfileres Libres (cuatro amarillos) mueven la textura en función de donde se coloque cada uno de ellos.

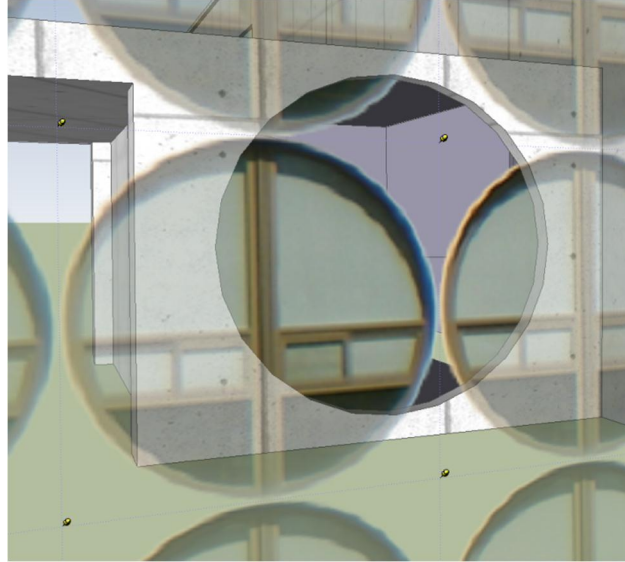


Figura 2.43 Alfileres Libres. Textura sin colocar

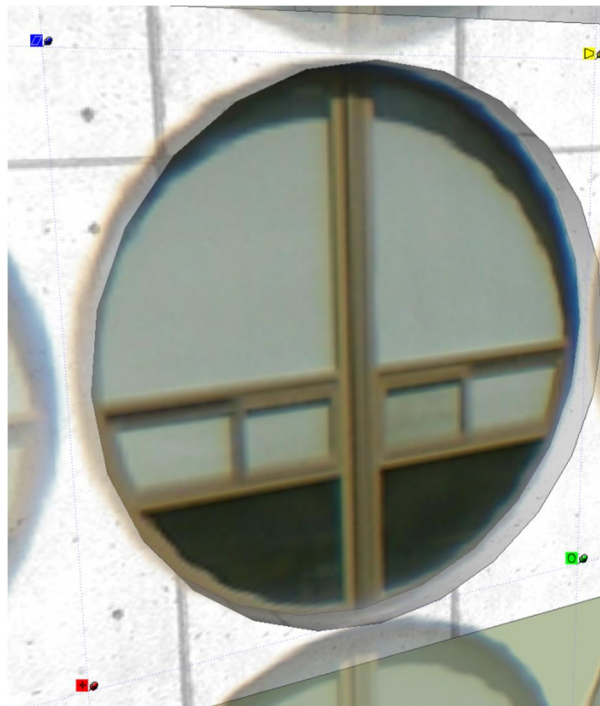


Figura 2.44 Alfileres fijos. Textura colocada.



## 2.5 MODELO FINAL

Una vez realizados todos los pasos previos culminamos esta parte del proyecto. Se muestran en primer lugar el diseño final en Google SketchUp y posteriormente su integración en Google Earth, el cual estará disponible para cualquier internauta.

### 2.5.1 Vista del modelo en Google Sketchup

A continuación se muestra una comparación del modelo final con su homólogo real.



Figura 2.45 Modelo virtual (Arriba) y modelo real (abajo)



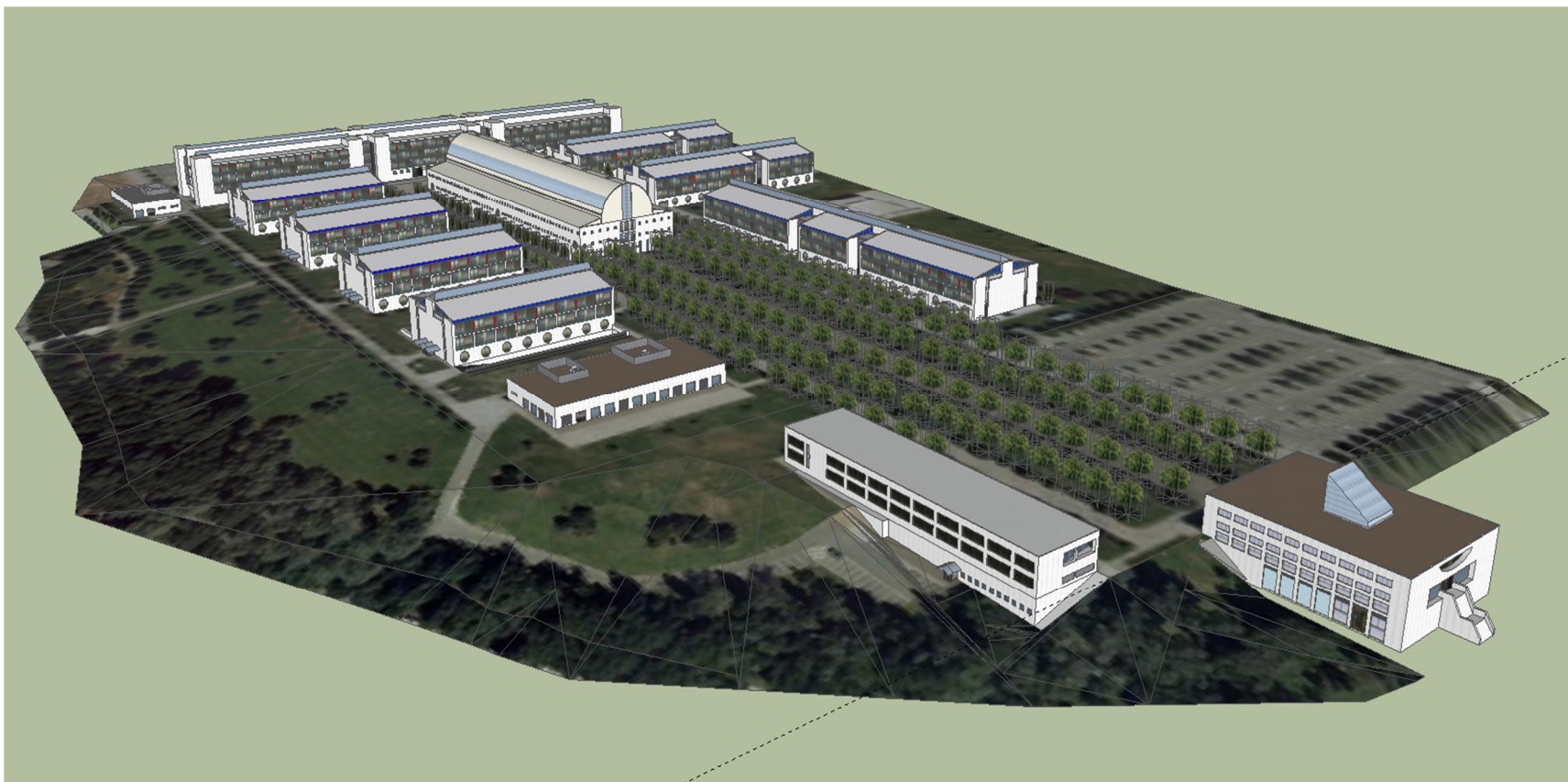


Figura 2.46 Vista aérea del campus de Arrosadía y los edificios modelados



Figura 2.47 Detalle de la integración de los árboles con los edificios.





Figura 2.48 Detalle de la integración de los árboles con los edificios.





### 2.5.2 Integración Online del modelo en Google Earth



Figura 2.49 Pamplona a vista de pájaro. Se observa la integración de la UPNA en el software Google Earth.



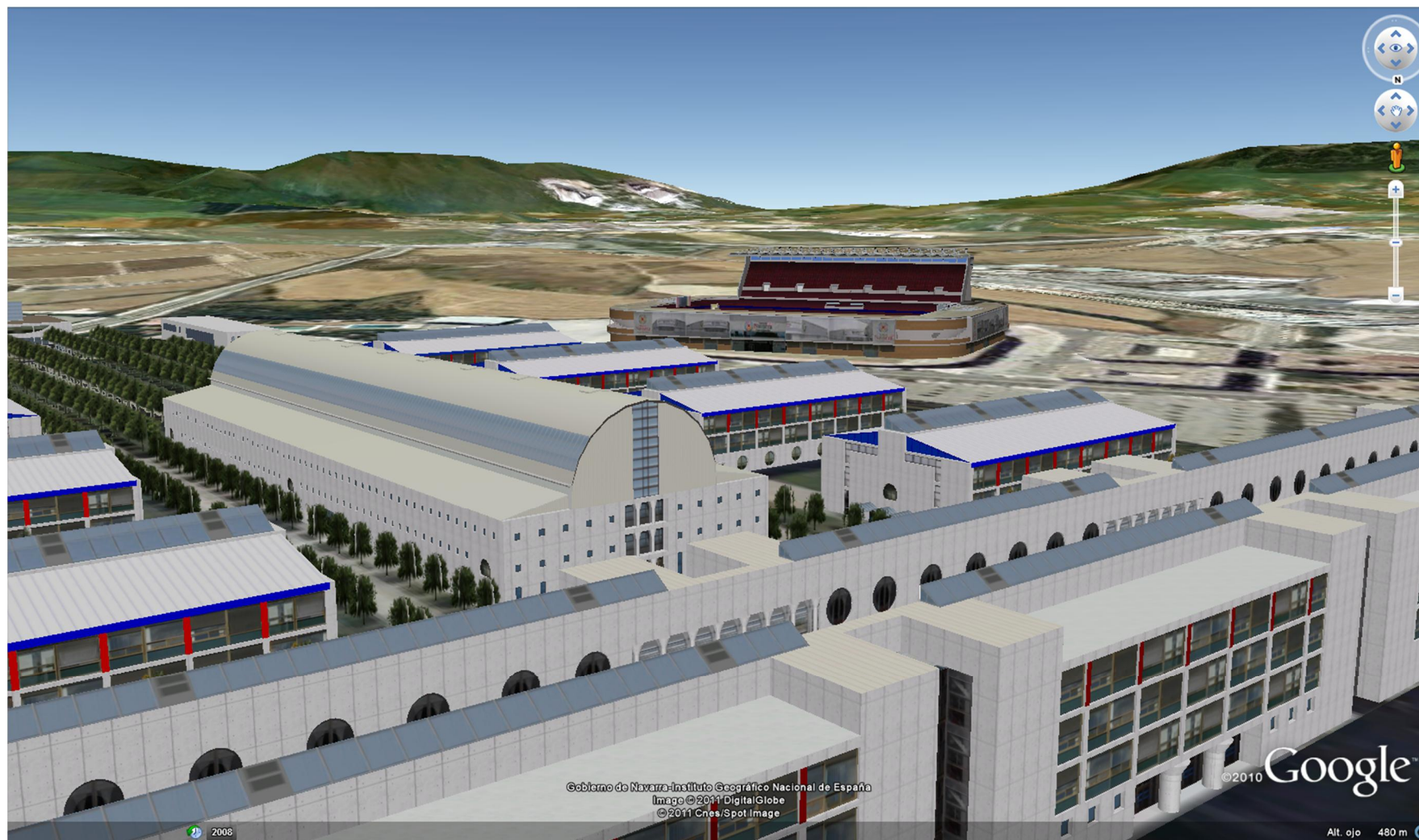


Figura 2.50 La Universidad Pública de Navarra y el estadio Reyno de Navarra..





Figura 2.51 Se observan otros edificios presnetes en Google Earth como La Ciudadela o el estadio Reyno de Navarra.





Figura 2.52





Figura 2.53 Edificio de las Encinas, Madroños y Magnolios.



## **2.6 CONSIDERACIONES**

### 2.6.1 Conclusiones

Una vez finalizada esta primera parte del proyecto se pueden sacar un buen número de ideas con respecto a la misma.

En primer lugar el resultado final de esta parte del proyecto se puede definir como satisfactoria. Se ha conseguido crear y compartir en internet (a través de una herramienta conocida como es Google Earth) un modelo virtual de la Universidad Pública de Navarra. Es por eso que se ha alcanzado hacer a la UPNA más universal a través de las últimas tecnologías, fomentando así su importancia frente a otros competidores directos.

En concreto en Pamplona, están únicamente representados los elementos más característicos de la ciudad como pueden ser la Capitanía (Sede del Archivo General de Navarra), el Frente de Francia y Baluarte del Labrit (las Murallas del lado Norte de Pamplona), la Ciudadela, el Baluarte o el estadio de fútbol Reyno de Navarra. Aun existiendo algún otro modelo, los mencionados son los más importantes. Es por ello que añadir la Universidad Pública de Navarra a este selecto grupo de edificios no hace más que ensalzar la importancia de la UPNA respecto a la gente de Navarra en general y Pamplona en particular.

Por otro lado la fidelización con la que han sido creados los modelos, así como el trabajo de texturizado y la ambientación del terreno ha sido la correcta, dando en conjunto la sensación que nos encontramos ante la Universidad Pública de Navarra pero manteniendo las limitaciones de tamaño que exige Google Earth.

Aun habiendo conseguido finalizar de forma satisfactoria el proyecto, este no ha estado exento de problemas o inconvenientes. Ya se ha comentado alguno en apartados anteriores pero hay que remarcar que el hecho de no conocer previamente el programa SketchUp, y el trabajar con la misma metodología que con un software más complejo de diseño (como 3D Max) se tradujo en una mayor carga de trabajo.

Baste decir que los pasos lógicos en la creación virtual son por este orden Modelar→Rigging→Texturizar→Iluminar→Crear Animación de la escena,

En nuestro caso se modeló por completo el proyecto y luego se pasó a texturizar, siendo el coste en tiempo muy superior que hacerlo con el método de crear un elemento sencillo, texturizarlo y usarlo posteriormente en otros elementos. Se tendrá en cuenta para futuros trabajos con Google SketchUp.

También se puede añadir problemas como la poca exactitud de la orografía de Google Earth, que conllevó un cambio en mitad del proyecto con todo el trabajo adicional que supuso (crear el mismo terreno, modificar edificiosí ).



Por último está el tema de recopilar información, teniendo que hacer varios viajes para obtener todo lo necesario, y no siendo la información 100% fiable debido a las herramientas usadas (podríamos situar la fiabilidad en un 95%).

### 2.6.2 Líneas Futuras

El primer factor en tener en cuenta es que Google Earth no sólo se va a mantener en un futuro como una importante herramienta usada por los internautas, sino que va a mejorar sus capacidades gradualmente. Por ello, todo lo que se trabaje para este software tendrá su repercusión, en este caso en la promoción de la UPNA. Tenemos pues que en el futuro de este proyecto hay una opción obvia para su continuación.

Seguir con el modelado del resto de edificios del Campus de Arrosadía. A pesar de haberse creado los más significativos, todavía faltan otros como el edificio de El Sario, el edificio de Mantenimiento e Instalaciones Generales, CITEAN, el edificio de la Secuoya (oficina de deportes)í por lo que todavía se puede mejorar cuantitativamente , tanto este campus, como el de Tudela o el de Ciencias de la Salud.

Por otro lado también podría hacerse una mejora del terreno o mejorar las texturas, creándose los árboles en vez de usar modelos creados por terceros.





# **CAPÍTULO 3**

## **INTRODUCCIÓN A LA REALIDAD AUMENTADA**



### **3.1 QUÉ ES LA REALIDAD AUMENTADA (RA)**

La realidad aumentada (RA) es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añadir una parte sintética virtual a lo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que superimprime los datos informáticos al mundo real.

Con la ayuda de la tecnología (por ejemplo, añadiendo la visión por computador y reconocimiento de objetos) la información sobre el mundo real alrededor del usuario se convierte en interactiva y digital. La información artificial sobre el medio ambiente y los objetos pueden ser almacenada y recuperada como una capa de información en la parte superior de la visión del mundo real.

Los Sistemas de realidad aumentada modernos utilizan una o más de las siguientes tecnologías: cámaras digitales, sensores ópticos, acelerómetros, GPS, giroscopios, brújulas de estado sólido, RFID, etc. El Hardware de procesamiento de sonido podría ser incluido en los sistemas de realidad aumentada. Los Sistemas de cámaras basadas en Realidad Aumentada requieren de una unidad CPU potente y gran cantidad de memoria RAM para procesar imágenes de dichas cámaras. La combinación de todos estos elementos se da a menudo en los smartphones modernos, que los convierten en una plataforma de realidad aumentada.

Para fusiones coherentes de imágenes del mundo real, obtenidas con cámara, e imágenes virtuales en 3D, las imágenes virtuales deben atribuirse a lugares del mundo real. Ese mundo real debe ser situado, a partir de imágenes de la cámara, en un sistema de coordenadas. Dicho proceso se denomina registro de imágenes. Este proceso usa diferentes métodos de visión por ordenador, en su mayoría relacionados con el seguimiento de vídeo. Muchos métodos de visión por ordenador de realidad aumentada se heredan de forma similar de los métodos de odometría visual.

Por lo general los métodos constan de dos partes. En la primera etapa se puede utilizar la detección de esquinas, la detección de bordes, de umbral y los métodos de procesamiento de imágenes. En la segunda etapa el sistema de coordenadas del mundo real es restaurado a partir de los datos obtenidos en la primera etapa. Algunos métodos asumen los objetos conocidos con la geometría 3D presentes en la escena y hacen uso de esos datos. En algunos de esos casos, toda la estructura de la escena 3D debe ser calculada de antemano. Si no hay ningún supuesto acerca de la geometría 3D se estructura a partir de los métodos de movimiento. Los métodos utilizados en la segunda etapa incluyen geometría proyectiva, paquete de ajuste, la representación de la rotación con el mapa exponencial, filtro de Kalman y filtros de partículas.



Existen cuatro técnicas principales para mostrar la realidad aumentada:

### 1. Display de PC

Generalmente, el display utilizado para mostrar información visual fusionada es la pantalla del ordenador. No obstante, existen otras tecnologías de display, aunque menos utilizadas.

### 2. Display en la cabeza

Una pantalla instalada en la cabeza (HMD Head-Mounted Display) muestra tanto las imágenes de los lugares del mundo físico y social donde nos encontremos, como objetos virtuales sobre la vista actual del usuario. Los HMD son dispositivos ópticos que permiten al usuario poder ver el mundo físico a través de la lente y superponer información gráfica que se refleja en los ojos del usuario. El HMD debe ser rastreado con un sensor. Este seguimiento permite al sistema informático añadir la información virtual al mundo físico. La principal ventaja de la HMD de Realidad Aumentada es la integración de la información virtual dentro del mundo físico para el usuario. La información gráfica está condicionada a la vista del usuario.

### 3. Display de mano

El dispositivo manual con realidad aumentada cuenta con un dispositivo informático que incorpora una pantalla pequeña que cabe en la mano de un usuario. Todas las soluciones utilizadas hasta la fecha por los diferentes dispositivos de mano han empleado técnicas de superposición sobre el video con la información gráfica. Inicialmente los dispositivos de mano empleaban sensores de seguimiento tales como brújulas digitales y GPS que añadían marcadores al video. Más tarde el uso de sistemas como ARToolKit, permitían añadir información digital a las secuencias de video en tiempo real. Hoy en día los sistemas de visión como SLAM o PTAM son empleados para el seguimiento.

### 4. Display espacial

La Realidad Aumentada espacial (SAR) hace uso de proyectores digitales para mostrar información gráfica sobre los objetos físicos. La diferencia clave es que la pantalla está separada de los usuarios del sistema. Debido a que el display no está asociado a cada usuario, permite a los grupos de usuarios, utilizarlo a la vez y coordinar el trabajo entre ellos. SAR tiene varias ventajas sobre el tradicional display colocado en la cabeza y sobre dispositivos de mano. El usuario no está obligado a llevar el equipo encima ni a someterse al desgaste de la pantalla sobre los ojos. Esto hace del display espacial un buen candidato para el trabajo colaborativo, ya que los usuarios pueden verse las caras. El display espacial no está limitado por la resolución de la pantalla, que sí que afecta a los dispositivos anteriores. Un sistema de proyección permite incorporar más proyectores para ampliar el área de visualización. Los dispositivos portátiles tienen una pequeña ventana al mundo para representar la información virtual, en cambio en un sistema SAR puedes mostrar un mayor número de superficies virtuales a la vez en un entorno interior. Es una herramienta útil para el diseño, ya que permite visualizar una realidad que es tangible de forma pasiva.



### **3.2 APLICACIONES PARA REALIDAD AUMENTADA**

La realidad aumentada ofrece infinidad de nuevas posibilidades de interacción, que hacen que esté presente en muchos y varios ámbitos, como son la arquitectura, el entretenimiento, la educación, el arte, la medicina o las comunidades virtuales.

#### *1. Proyectos educativos:*

Actualmente la mayoría de aplicaciones de realidad aumentada para proyectos educativos se usan en museos, exhibiciones, parques de atracciones temáticos... puesto que su coste todavía no es suficientemente bajo para que puedan ser empleadas en el ámbito doméstico. Estos lugares aprovechan las conexiones wireless para mostrar información sobre objetos o lugares, así como imágenes virtuales como por ejemplo ruinas reconstruidas o paisajes tal y como eran en el pasado, además de escenarios completos en realidad aumentada, donde se pueden apreciar e interactuar con los diferentes elementos en 3D, como partes del cuerpo.

#### *2. Cirugía:*

La aplicación de realidad aumentada en operaciones permite al cirujano superponer datos visuales como por ejemplo termografías o la delimitación de los bordes limpios de un tumor, invisibles a simple vista, minimizando el impacto de la cirugía.

#### *3. Entretenimiento:*

Teniendo en cuenta que el de los juegos es un mercado que mueve unos 30.000 millones de dólares al año en los Estados Unidos, es comprensible que se esté apostando mucho por la realidad aumentada en este campo puesto que ésta puede aportar muchas nuevas posibilidades a la manera de jugar. Una de las puestas en escena más representativas de la realidad aumentada es el "Can You See Me Now?",<sup>2</sup> de Blast Theory.<sup>3</sup> Es un juego on-line de persecución por las calles donde los jugadores empiezan en localizaciones aleatorias de una ciudad, llevan un ordenador portátil y están conectados a un receptor de GPS. El objetivo del juego es procurar que otro corredor no llegue a menos de 5 metros de ellos, puesto que en este caso se les hace una foto y pierden el juego. La primera edición tuvo lugar en Sheffield pero después se repitió en otras muchas ciudades europeas. Otro de los proyectos con más éxito es el ARQuake Project, donde se puede jugar al videojuego Quake en exteriores, disparando contra monstruos virtuales. A pesar de estas aproximaciones, todavía es difícil obtener beneficios del mercado de los juegos puesto que el hardware es muy costoso y se necesitaría mucho tiempo de uso para amortizarlo.

#### *4. Simulación:*

Se puede aplicar la realidad aumentada para simular vuelos y trayectos terrestres.

#### *5. Servicios de emergencias y militares:*

En caso de emergencia la realidad aumentada puede servir para mostrar

instrucciones de evacuación de un lugar. En el campo militar, puede mostrar información de mapas, localización de los enemigos...

#### 6. *Arquitectura:*

La realidad aumentada es muy útil a la hora de resucitar virtualmente edificios históricos destruidos, así como proyectos de construcción que todavía están bajo plano.

#### 7. *Apoyo con tareas complejas:*

Tareas complejas, como el montaje, mantenimiento, y la cirugía pueden simplificarse mediante la inserción de información adicional en el campo de visión. Por ejemplo, para un mecánico que está realizando el mantenimiento de un sistema, las etiquetas pueden mostrar las partes del mismo para aclarar su funcionamiento. La realidad aumentada puede incluir imágenes de los objetos ocultos, que pueden ser especialmente eficaces para el diagnóstico médico o la cirugía. Como por ejemplo una radiografía de rayos vista virtualmente basada en la tomografía previa o en las imágenes en tiempo real de los dispositivos de ultrasonido o resonancia magnética nuclear abierta.

- *Los dispositivos de navegación:*

La RA puede aumentar la eficacia de los dispositivos de navegación para una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, la navegación dentro de un edificio puede ser mejorada con el fin de dar soporte al encargado del mantenimiento de instalaciones industriales. Las lunas delanteras de los automóviles pueden ser usadas como pantallas de visualización frontal para proporcionar indicaciones de navegación e información de tráfico.

- *Aplicaciones Industriales:*

La realidad aumentada puede ser utilizada para comparar los datos digitales de las maquetas físicas con su referente real para encontrar de manera eficiente discrepancias entre las dos fuentes. Además, se pueden emplear para salvaguardar los datos digitales en combinación con prototipos reales existentes, y así ahorrar o reducir al mínimo la construcción de prototipos reales y mejorar la calidad del producto final.

- *Prospección:*

En los campos de la hidrología, la ecología y la geología, la RA puede ser utilizada para mostrar un análisis interactivo de las características del terreno. El usuario puede utilizar, modificar y analizar, tres mapas bidimensionales interactivos.

- *Colaboración:*

La realidad aumentada puede ayudar a facilitar la colaboración entre los miembros de un equipo a través de conferencias con los participantes reales y virtuales.





- *Publicidad:*

Una de las últimas aplicaciones de la realidad aumentada es la publicidad. Hay diferentes campañas que utilizan este recurso para llamar la atención del usuario.

Fiat ha lanzado una campaña en la que cualquier usuario puede crear su propio anuncio de televisión con el Fiat 500 como protagonista a través de la página web, el usuario solo necesita tener una webcam.

La revista Esquire publicó en la edición de diciembre de 2009 diferentes códigos QR (Quick Response), que son una variante más potente de los códigos de barras que pueden ser escaneados por una webcam que en reconocerlos nos ofrece información extra sobre el producto. Los códigos QR que incorpora la revista son reconocidos por las webcams de los usuarios y en ser reconocidos activan un video superpuesto a la imagen de la webcam. Para poder interpretarlos se necesita un software específico.

- *Turismo:*

Plataformas como Junaio o Layar permiten el desarrollo de aplicaciones a terceros, prácticamente sin conocimientos técnicos, a través de sus servidores.

Esto ha fomentado la publicación de miles de aplicaciones sobre turismo, exposiciones virtuales, etc.

### **3.3 MÉTODOS PARA OBTENER RA**

Existen infinidad de formas de conseguir realidad aumentada. Algunos de esos métodos son de licencia gratuita y suelen basarse en el uso de un determinado lenguaje de programación para escribir el código necesario para obtener la realidad aumentada.

Otros métodos por el contrario, son de pago estando la tecnología de RA ya creada, centrándose el usuario en crear lo que sería la aplicación en sí.

Para este proyecto se pensó inicialmente en usar un método de pago, en concreto el AR-Media, que dispone de plug-in tanto para Google SketchUp como para 3D Studio Max. Sin embargo, al no financiar la UPNA el coste de dicha herramienta se optó por conseguir la RA mediante un método gratuito para uso no comercial. Nos decantamos por usar la herramienta FLARToolkit.

Hay que decir que la herramienta original de RA es ARToolkit, a partir de la cual se portó una versión a Java, que pasó a llamarse NyARToolkit. Fue a partir de esta herramienta que se volvió a portar a Actionscript 3 con el nombre de FLARToolkit.



Se listan a continuación las herramientas existentes en el mercado a día de hoy para obtener realidad aumentada.

**AR-Media**

Plugin para 3D Studio Max y Google SketchUp.

Página web:

[http://www.inglobetechnologies.com/en/new\\_products/arplugin\\_su/info.php](http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/info.php)

Licencia: Versión Trial limitada y versión de pago.

**ARToolkit:**

Librería en C y C++ (Parcticamente todas las librerías se basan en esta).

Página web: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/ARToolKit>

Licencia: Disponible gratuitamente para uso no comercial bajo GNU General Public License.

**NyARToolKit**

Soporta las principales plataformas de Java / Android / C # / \* ActionScript3 1 / C + +

Página web: <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki/index.php?FrontPage.en>

Licencia: GPL

**FLARToolkit**

Librería en AS3, AS2, Air, Flex

Página web: <http://www.libspark.org/wiki/saquoosha/FLARToolKit/en>

Licencia: Disponible gratuitamente para uso no comercial. Se basa en la biblioteca ARToolKit bajo la licencia GPL

**SlartoolKit**

Librería en Visual C# (para Silverlight)

Página web: <http://slartoolkit.codeplex.com/>

Licencia: Utiliza un modelo de licencia dual y podría ser utilizado para aplicaciones de código abierto o cerrado, en determinadas condiciones. Ver la página de licencia para más detalles.

**Ostrich**

Librería AS3 para detección de movimiento.

Página web: <http://ostrichflash.wordpress.com/>

Licencia: open source

**HandyAR**

Librería para crear realidad aumentada con detección de manos.

Página web: <http://ilab.cs.ucsb.edu/projects/taehee/HandyAR/HandyAR.html>



### **LinceoVR**

Software que permite crear aplicaciones 3D en RA. También existe un plug-in para 3D Max.

Página web: <http://linceovr.seac02.it/>

### **Junaio**

Plataforma para crear aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles.

Página web: <http://www.junaio.com/>

### **Layar**

Plataforma para crear aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles.

Página web: <http://www.layar.com/>

### **AndAR**

Librerías para crear aplicaciones de Realidad Aumentada para Android

Página web: <http://code.google.com/p/andar/>

### **The Artvertiser**

Librerías de código abierto y con detección de color

Página web: <http://theartvertiser.com>

### **JSARtoolKit**

Librerías para JavaScript que se proyectan mediante un archivo de Flash

Página web: <http://kawanet.blogspot.com/2009/05/jsartoolkit-ar-augmented-reality-by.html>

### **Wikitude**

Realidad Aumentada para dispositivos móviles

Página web: <http://www.wikitude.org/en>

### **Qualcomm**

Realidad Aumentada para Android

Página web:

[http://www.qualcomm.com/products\\_services/augmented\\_reality.html](http://www.qualcomm.com/products_services/augmented_reality.html)



## **CAPÍTULO 4**

# **DESARROLLO Y OBTENCIÓN DE REALIDAD AUMENTADA**



La herramienta principal para crear la aplicación de realidad aumentada es FLARToolkit. Sin embargo, se deben usar otros programas en conjunto para conseguir ese objetivo. Es en definitiva un proceso complejo en el que pueden darse errores en cualquier parte del mismo, unos de carácter más grave que otros.

Ha exigido por tanto un trabajo de búsqueda constante por la web, generalmente en inglés, para solucionar cierto tipo de problemas o conseguir implementar ciertas funcionalidades.

En última instancia no se ha conseguido el objetivo deseado al 100% como se explicará en apartados posteriores.

## **4.1 DESARROLLO DE REALIDAD AUMENTADA**

Se va a mostrar en primer lugar el software usado durante esta parte del proyecto y posteriormente se explicará detalladamente cada parte del proceso hasta la consecución del mismo.

### **4.1.1 Software necesario para obtener RA**

- Programa de diseño Google SketchUp PRO
- Programa de diseño 3D Studio Max 2009 y plug-in OpenCOLLADA
- Editor de código Intype
- FLARToolkit
- Flash Builder 4.5 Premium Edition
- Photoshop CS5 Extended
- Mozilla Firefox y Flash Player 10
- ARToolKit Marker Generator Online Multi

El orden en el que se utilizan los mismos es el mostrado en la figura 4.1



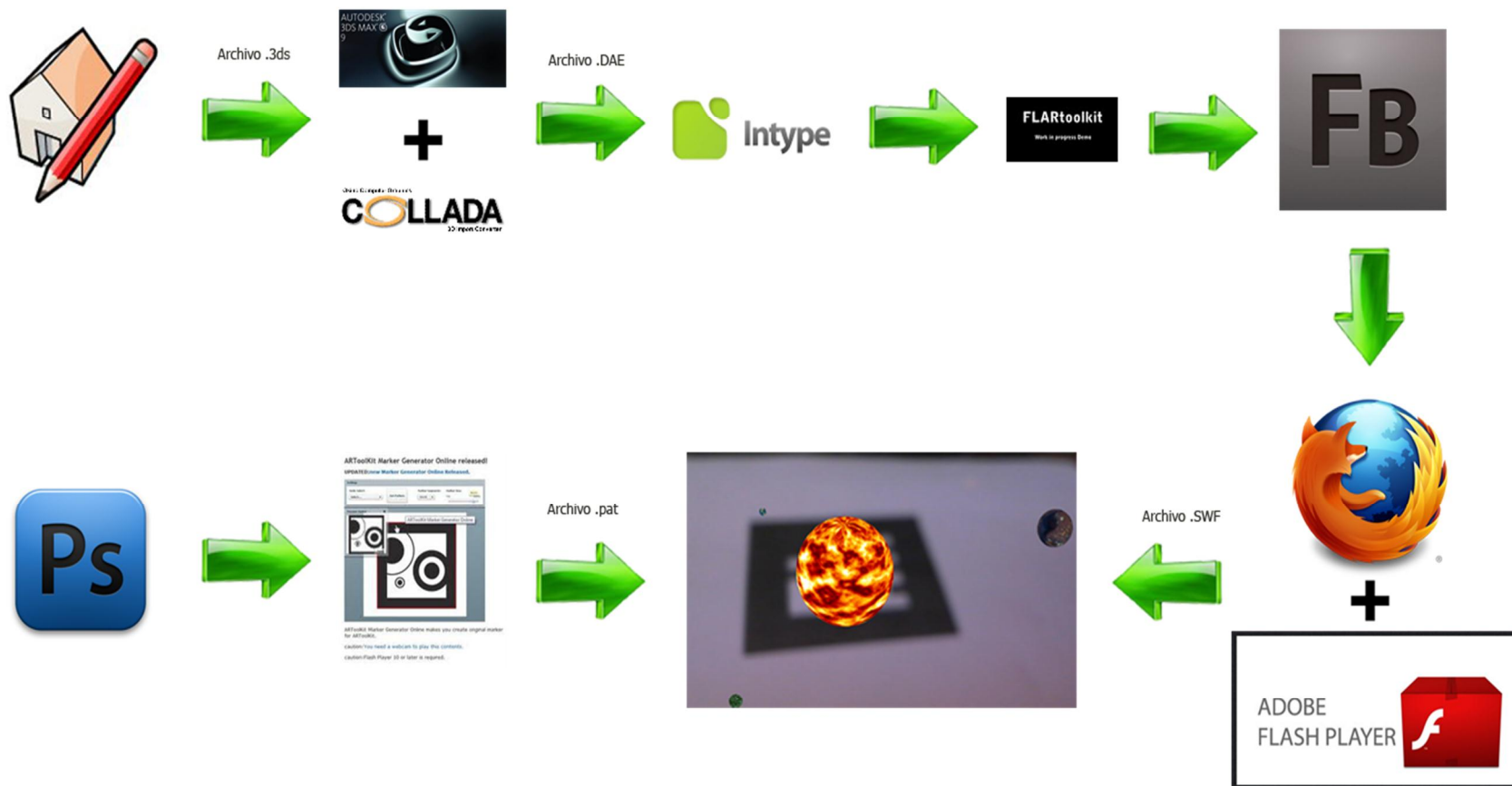


Figura 4.1 Programas utilizados para obtener RA y orden de ejecución.



#### 4.1.2 Programa de diseño Google SketchUp PRO

El primer paso en la creación de una aplicación de realidad aumentada es crear el modelo virtual que luego se mostrará en combinación con las imágenes reales. Teóricamente se puede usar cualquier programa de diseño 3D, por lo que se decidió aprovechar el trabajo realizado con SketchUp para representar la UPNA.

El requisito exigido en el software usado es su capacidad para exportar archivos a formato .DAE. Los archivos Collada o DAE son modelos 3D, exportados a formato xml. Básicamente se define dentro de este xml, cada vértice, mesh, material, etc. de un objeto.

Este formato es el usado por FLARToolkit para la gestión del modelo virtual, así que es imprescindible obtener un archivo de estas características.

Google SketchUp permite exportar a .DAE. Los pasos para exportar son los siguientes

1. En Google Sketchup se selecciona **Archivo > Exportar > Modelo 3D**. Aparece el cuadro de diálogo correspondiente.
2. Se escribe un nombre para el archivo exportado en el campo "Nombre". En nuestro caso UPNASketchUp.
3. En la lista desplegable "Tipo" se selecciona **DAE** como tipo de exportación.
  - (opcional) Se hace clic en el botón Opciones. Aparece el cuadro de diálogo "Opciones de exportación DAE".
  - (opcional) Se ajustan las opciones del cuadro de diálogo "Opciones de exportación DAE".
  - (opcional) Se hace clic en el botón Aceptar.
4. Se hace clic en el botón Exportar.

NOTA: Tras realizar todo el proceso para obtener la aplicación de realidad aumentada se vio que existía algún problema a la hora de exportar a formato .DAE desde SketchUp, ya que no se consiguió visualizar el modelo.

Por ello se optó por exportar el modelo a 3D Max Studio y de ahí a .DAE. Se necesita exportar en formato .3DS, que es el que soporta Max, sin embargo la versión libre de Google SketchUp no permite exportar en dicho formato. Usando la versión Demo de SketchUp PRO se consiguió finalmente el archivo .3DS. Llamaremos a nuestro archivo UPNASketchUp.3ds

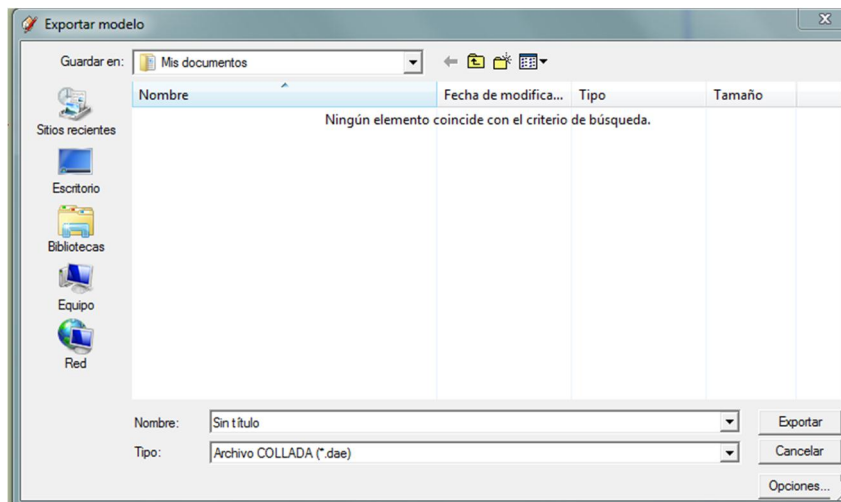


Figura 4.2 Exportador de SketchUp a formato DAE.

#### 4.1.3 Programa de diseño 3D Studio Max 2009

Se abre el archivo UPNASketchUp.3ds con Max. Al usar este software se abren varias posibilidades, se puede trabajar de forma nativa con él y modelar nuevos diseños para nuestra aplicación de RA. Se puede también modificar las texturas del archivo importado desde SketchUp o se puede dejar tal cual el archivo .3DS.

Se opta por esta última opción, ya que modelar o modificar texturas/diseños de nuevo llevaría mucho tiempo. El siguiente paso es exportar el modelo a un formato .DAE. Para ello hay que instalar la versión correspondiente (32 o 64 bits) del plug-in ColladaMax 3.05B 3dsmax2009 en Max.

La instalación es sencilla, hay que descargar el plug-in de la página oficial <http://www.opencollada.org/download.html> y copiarlo en el directorio -Plugins de 3D Studio Max.

Nota: Si salta el error `failed to initialize. Error code 126` ó `The specified module could not be found` después de instalar COLLADA, ya sea por medio manual (arrastrando el DLE al directorio de plugins) o a través del ejecutable, se deberá instalar primero [DirectX End-User Runtime Web Installer](#).

Tras ello se irá a la pestaña File → Export y se seleccionará COLLADA como exportador del archivo. Max tiene un exportador .DAE por defecto pero es aconsejable usar el del plug-in. Llamaremos a nuestro archivo UPNAMax.DAE.

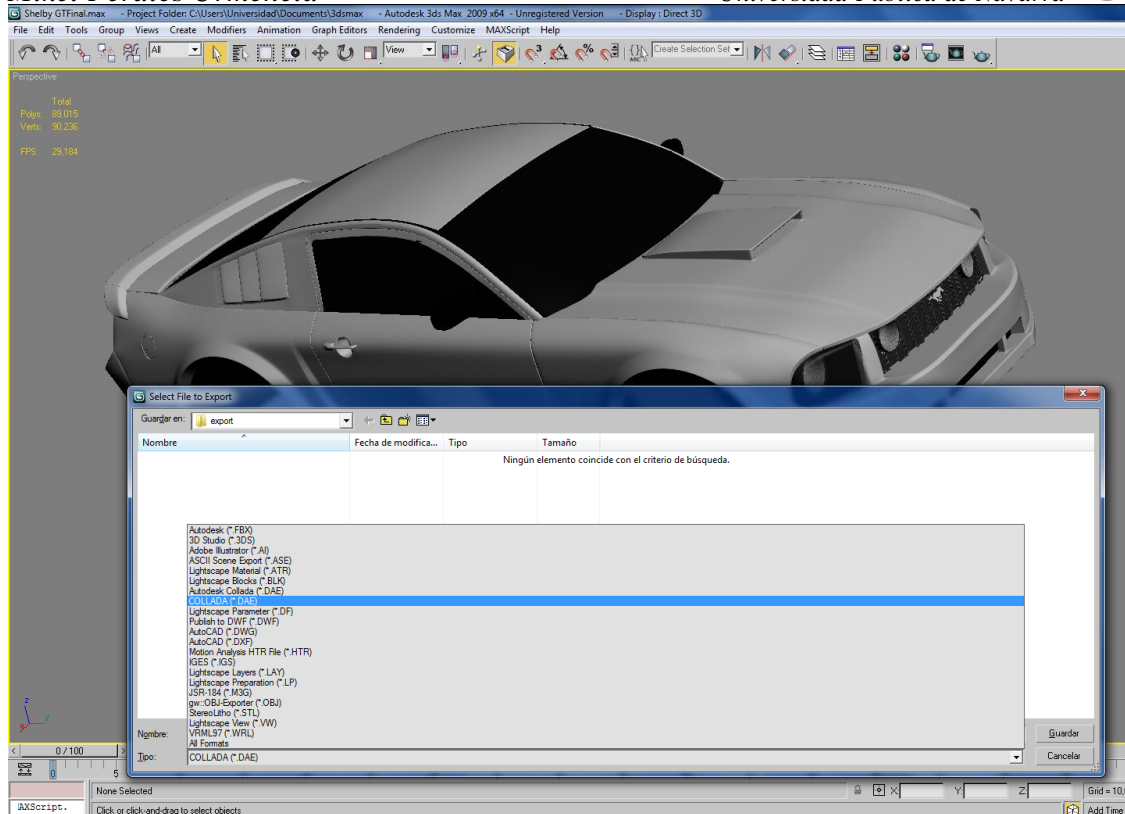


Figura 4.3 Interfaz de 3D Studio Max. Se observan los dos exportadores a formato .DAE

#### 4.1.4 Intype

Intype es un sencillo editor de código que destaca por su original forma de llevar a cabo la función de autocompletado. Basta con pulsar el tabulador tras escribir una etiqueta determinada para que Intype complete el resto del código fuente asociado a esa etiqueta. Intype la completará, incluyendo los atributos y las propiedades asociadas a cada etiqueta.

Por ejemplo: si se escribe el término `<table>` relativo a HTML, y pulsas el tabulador, Intype mostrará las propiedades de la etiqueta como `border`, `cellspacing` y `cellpadding`; así como el código perteneciente a la cabecera de ésta. Los lenguajes que podrás programar con Intype forman una larga lista, entre los que destacan: C, CSS, DOM, HTML, PHP, JAVA, Javascript, Ruby, Rails, XML, etcétera.

En concreto se va a usar Intype para abrir los archivos .DAE generados y ver sus propiedades, modificándolas si fuera necesario.

Al principio de los archivos se indica el programa de diseño que ha generado el archivo así como el exportador usado durante el proceso.

La característica más importante a verificar al usar este programa son las rutas de las texturas respecto al modelo. Es decir, se debe comprobar que dichas rutas sean absolutas (y no relativas) para que el modelo pueda llamar a elementos externos sin importar donde se tenga almacenada la aplicación.

Ejemplo ruta relativa:

*C:\Users\Universidad\Desktop\Modelado Sketchup\Archivo\Biblioteca 3ds/Puerta.png*

Ejemplo ruta absoluta:

*Biblioteca 3ds/Puerta.png*

Esta comprobación puede ser una tarea muy laboriosa en función del tamaño del archivo .DAE y del nº de texturas utilizado. Sirva como ejemplo que el archivo UPNASketchUp.DAE tiene 235.390 líneas de código (casi un cuarto de millón), mientras que el coche de la figura 4.3 ocupa 14.228 líneas.



Figura 4.4 Detalle del nº de líneas de código del archivo UPNASketchUp.DAE

#### 4.1.5 FLARToolkit

FLARToolkit en realidad no se instala. Flartoolkit es una librería escrita en ActionScript 3.0 que está basada en el ARToolkit de Java. Es una librería bajo licencia GPL (gratuita para uso no comercial, siempre que se ponga el código fuente a disposición de la comunidad) y desarrollada por Saqoosha.

Cómo funciona exactamente una aplicación de FLARToolkit. Adobe Flash es una herramienta que dispone de, gracias a una comunidad activa, librerías AS3 que permiten incorporar capacidades innovadoras en los navegadores web (Firefox, Explorer, Safari). Existen motores 3d, librerías de partículas, motores de físicas y librerías para trabajar con Realidad Aumentada. La versatilidad del Flash, permite lanzar aplicaciones de RA sobre cualquier dispositivo que tenga instalado alguna de las últimas versiones del Flash Player (9, 10, 10.1).



Basta una webcam y la marca impresa en papel. La aplicación de RA busca en la captura de la imagen el patrón de la marca. Una vez lo identifica calcula su situación en el mundo 3D y la equipara al motor 3D de Papervisión. Así, es posible superponer modelos 3D sobre la propia marca. Modelos que se puede orientar, acercar y alejar con total libertad.

En definitiva Adobe Flash dispone de una librería de RA (FLARToolkit) que está a su vez integrada con la librería Papervision3D permitiendo así producir aplicaciones de Realidad Aumentada

FLARToolkit tiene también sus limitaciones. FlashPlayer dispone de unos recursos limitados, debido a que funciona como una máquina virtual. Los algoritmos de Realidad Aumentada y tratamiento de imagen requieren mucho procesado y por ello, el navegador puede verse saturado bajo ciertas condiciones. La meta del tiempo real (sobre los 24-30 frames por segundo) es difícil de alcanzar. Y modelados complicados, con gran cantidad de polígonos y de lento renderizado, también hacen caer los frames de nuestra webcam.

Dicho esto, se descargan los elementos necesarios de la página de Saqoosha y se copiarán en una carpeta raíz. Nuestra carpeta se llamará -ProyectoUPNAø (<http://saqoo.sh/a/en/flartoolkit/start-up-guide> )

En esa carpeta raíz crearemos o copiaremos a su vez 3 carpetas más (Model, Data y Org) y dos archivos adicionales descargados junto a las librerías (PV3DARApp.as y ARAppBase.as)

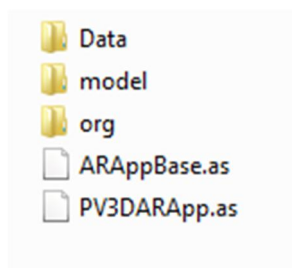


Figura 4.5 Detalle de la carpeta raíz -ProyectoUPNAø

- Carpeta ORG. Contiene las librerías descargadas para poder realizar los programas en RA. Están Papervision3D (el motor 3D), Ascollada (trabaja con archivos .DAE) y Libspark (contiene la librería de RA FLARToolkit).

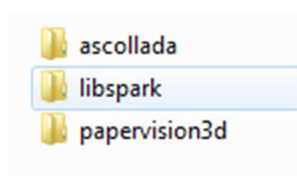


Figura 4.6 Detalle de las librerías descargadas e incluidas en la carpeta ORG

- Carpeta MODEL. Contiene el archivo .DAE conseguido en los pasos previos y las texturas asociadas a ese objeto. En nuestro caso tendremos el archivo UPNASketchUp.dae y las 315 texturas exportadas durante el proceso.

UPNASketchUp	24/08/2011 10:02	Archivo DAE	32.003 KB
_Concret	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	27 KB
Cladding	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	20 KB
Concre01	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	27 KB
Concrete	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	10 KB
Metal_AI	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	3 KB
TejadoBi	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	2 KB
TejadoDe	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	2 KB
TejadoLa	24/08/2011 9:55	Imagen JPEG	2 KB
Crista01	24/08/2011 9:55	Imagen PNG	5 KB
Crista02	24/08/2011 9:55	Imagen PNG	2 KB

Figura 4.7 Se observa el archivo .DAE (32 MB) y varias de las texturas

- Carpeta DATA. En ella estará el Marker en formato .pat y las directrices de la cámara (Camera\_para.dat). En nuestro proyecto hemos creado nuestro propio marker<sup>1</sup> de nombre MarkerUPNA.

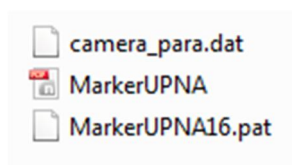


Figura 4.8 Se incluye también el Marker en formato PDF para su impresión.

<sup>1</sup> Se explicará el proceso en apartados posteriores (ap. 4.1.6 y 4.1.7)

#### 4.1.6 Photoshop CS5 Extended

Se usará Photoshop en la creación de un marker para la aplicación de realidad aumentada.

Un marker no deja de ser un código de barras bidimensional, similar a los Códigos QR habituales de los móviles.

En los archivos descargados de Saqoosha se incluye un marker, pero se ha optado por crear otro relacionado con la Universidad Pública de Navarra, vinculando así el logo del marker con la identidad corporativa de la UPNA.



Figura 4.9 Marker incluido en los archivos de Saqoosha.

Para generar el marker, se ha creado una base con el programa Photoshop CS5. Esta es la base sobre la que se va a trabajar. Esta base tendrá unas dimensiones de 100 por 100 píxeles, siendo la figura interior blanca de 50 por 50 píxeles. Haremos esto para optimizar el tracking por parte de la webcam y facilitar de ese modo su procesamiento.



Figura 4.10 Base a partir de la cual se creará el marker.

Se han elegido varios logos utilizados por la UPNA en la actualidad para comprobar su viabilidad como marker. Hay una serie de recomendaciones a la hora de diseñar o elegir el logo de un marker.

1. Uso de imágenes en blanco y negro.
2. Evitar simetrías ya que el programa no sabrá cuál es la parte superior o inferior del marker.
3. Grosor del logo o texto suficientemente ancho para que las webcam puedan detectar bien la forma. A detalles más finos mayor resolución deberá tener la webcam para discernir el marker.

Finalmente se ha optado por los siguientes marker.

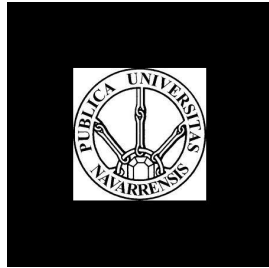


Figura 4.11 Opción 1



Figura 4.12 Opción 2

Ambos marker creados en Photoshop están en formato de imagen (en concreto de tipo .png). Para convertirlos a formato .pat y comprobar si son adecuados para nuestra aplicación se deberá usar el software ARToolKit Marker Generator Online Multi.

#### 4.1.7 ARToolKit Marker Generator Online Multi

Este programa online se usa para convertir los archivos de imagen a formato .pat que es el usado por la librería FLARToolkit para detectar los marker.

Nos dirigiremos a la siguiente dirección

<http://flash.tarotaro.org/blog/2009/07/12/mgo2/>

y una vez ahí se selecciona el modo 'Load marker image', para abrir las imágenes desde nuestro ordenador sin necesidad de imprimirlas.

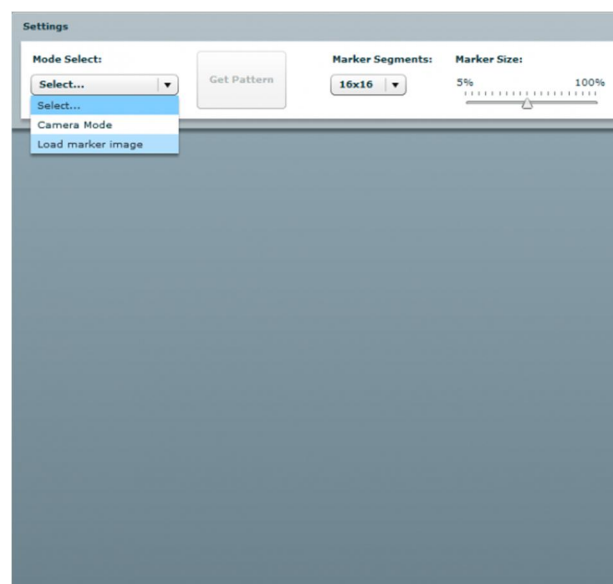


Figura 4.13 Interfaz para seleccionar el modo de crear el marker

Seleccionamos nuestro archivo y pulsamos Open. Se carga el archivo y el programa lo reconoce (línea roja alrededor del cuadrado).

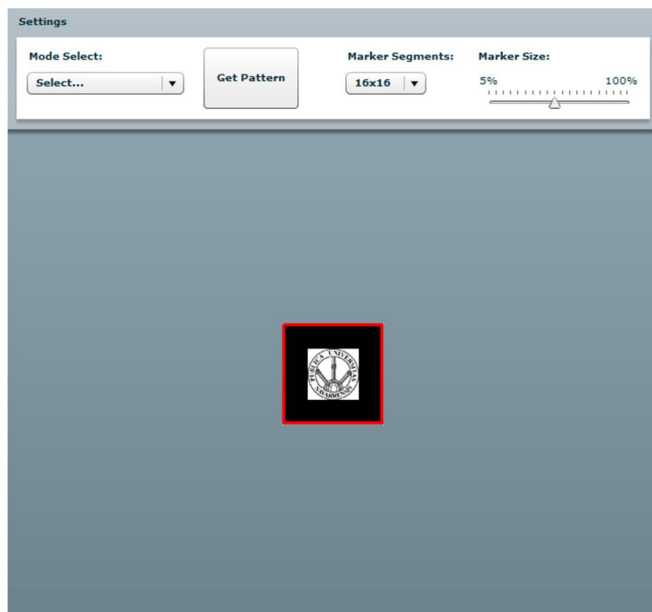


Figura 4.14 Marker detectado. Buena señal

Pinchamos en Get Pattern, el programa captura nuestra imagen (línea color verde) y nos muestra cómo quedará el fichero binario que va a usar la aplicación. Hay una opción llamada Marker Segments que permite dividir la detección del marker en varios rangos:

4 x 4	8 x 8	16 x 16
32 x 32	64 x 64	

Cuanto mayor es el rango mayor son los detalles aparecidos en el archivo .pat, lo que implica una detección más fina del marker que a su vez pide una mayor resolución en la webcam. (También un mayor costo computacional).

Por otro lado, un marker.pat obtenido en menos segmentos tendrá menor información que la imagen original por lo que cámaras con menor resolución podrán detectar la forma también, sin embargo es posible que se detecten otros marker no deseados.

La solución a esto es tener la webcam con la mayor resolución posible. En nuestro caso hemos creado el archivo MarkerUPNA16.pat con una segmentación de 16 x 16.

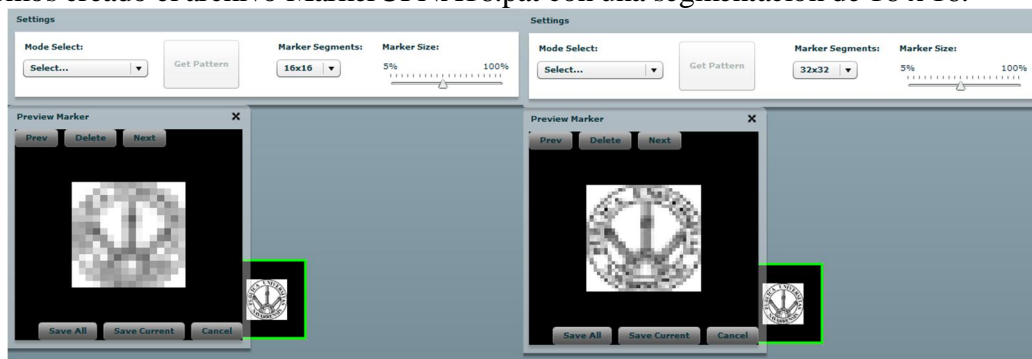


Figura 4.15 Segmentación 16 x 16

Figura 4.16 Segmentación 32 x 32



Una vez obtenido el archivo .pat se copiará en la carpeta DATA como se ha explicado en el apartado 4.1.5 y se imprimirá el archivo de imagen con la resolución deseada.

#### 4.1.8 Adobe Flash Builder

En esta parte del proyecto ya hemos obtenido todos los archivos necesarios para crear nuestra aplicación de realidad aumentada.

Ahora es el turno de usar un lenguaje de programación para ensamblar todos esos archivos y que interactúen entre sí. Para ello usaremos el software Adobe Flash Builder.

Para comenzar a utilizar el programa seguiremos los pasos descritos a continuación:

1. Abrimos el software Flash Builder, pinchamos en la pestaña File→New Project y seleccionamos la opción ActionScript y se nos abrirá una ventana para configurar el proyecto:

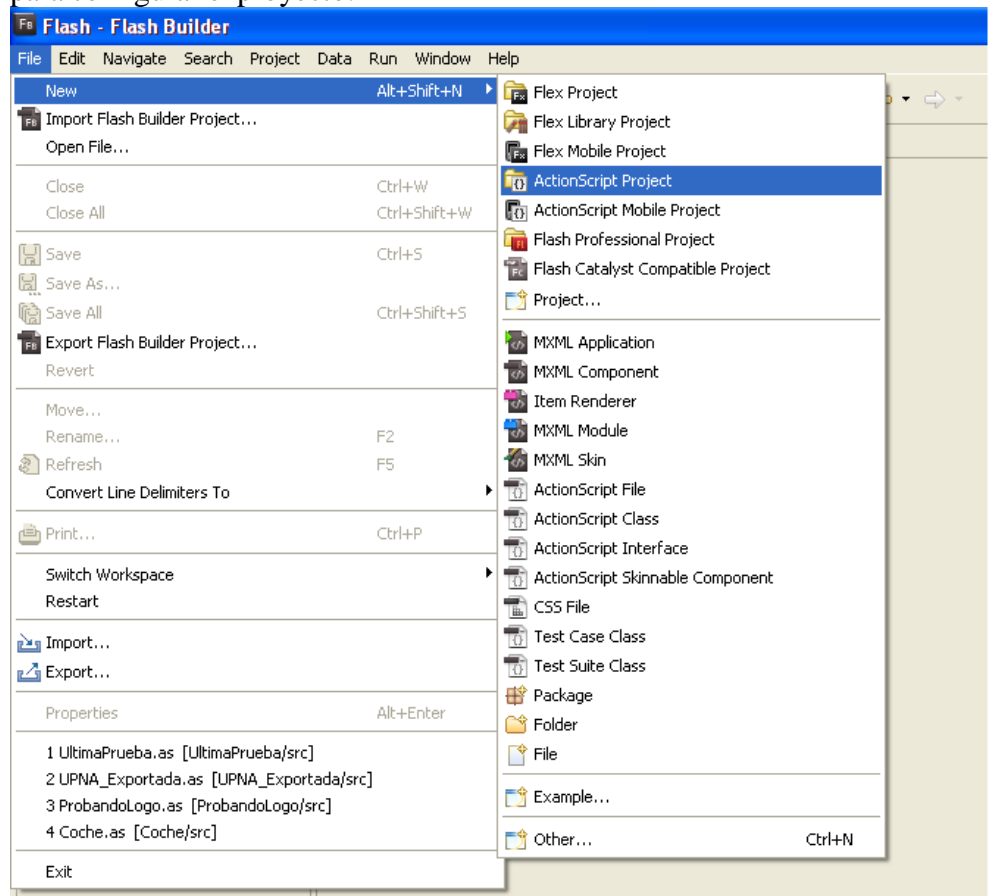


Figura 4.17 Creando un nuevo proyecto de ActionScript

2. Nombrar el Proyecto. Nuestro proyecto se llama -PFCUniversidadø

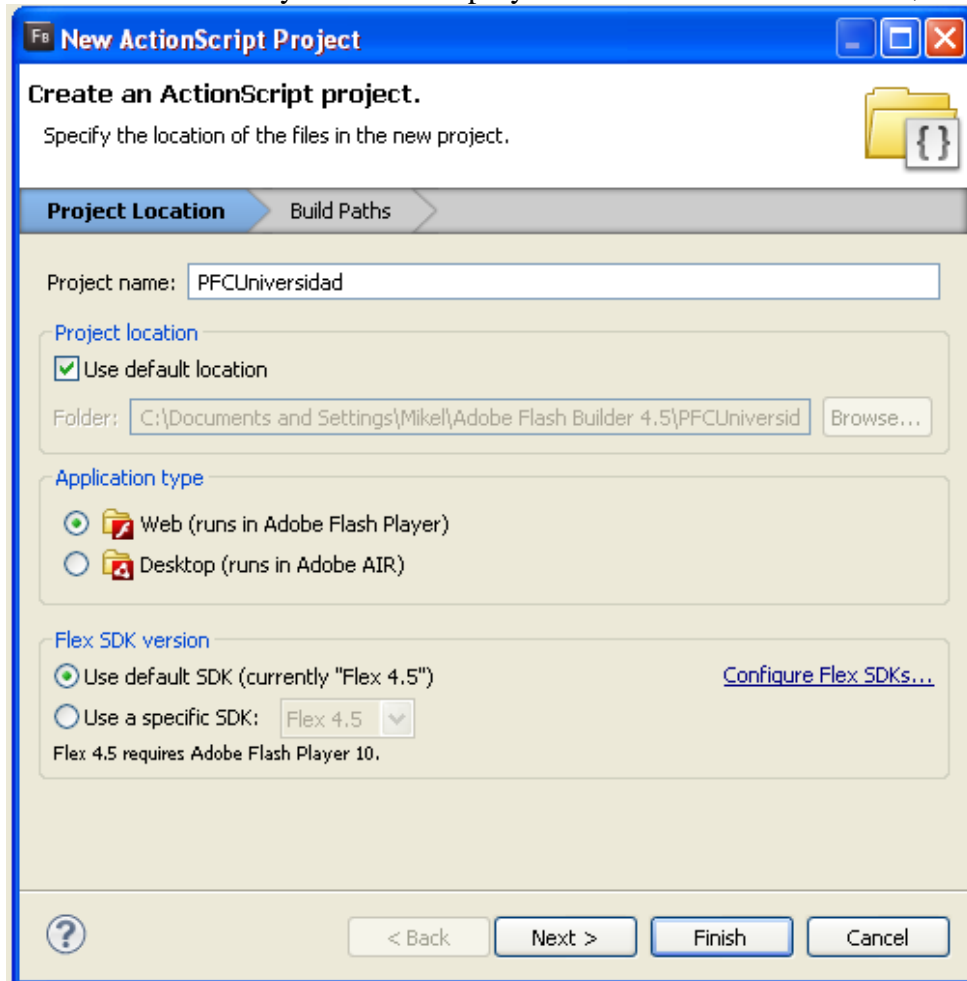


Figura 4.18 Se selecciona la ruta de creación del proyecto.

3. Se pincha en el botón «Siguiente» y aparece una nueva ventana con opciones. Esta ventana es la encargada de las opciones de importación de los archivos. Se selecciona la pestaña Source Path, se pincha Add Folder y elige la carpeta raíz (en este caso «ProyectoUPNA» donde tendremos todo como se ha explicado en el apartado 4.1.5) para importar dichos elementos al proyecto de ActionScript.

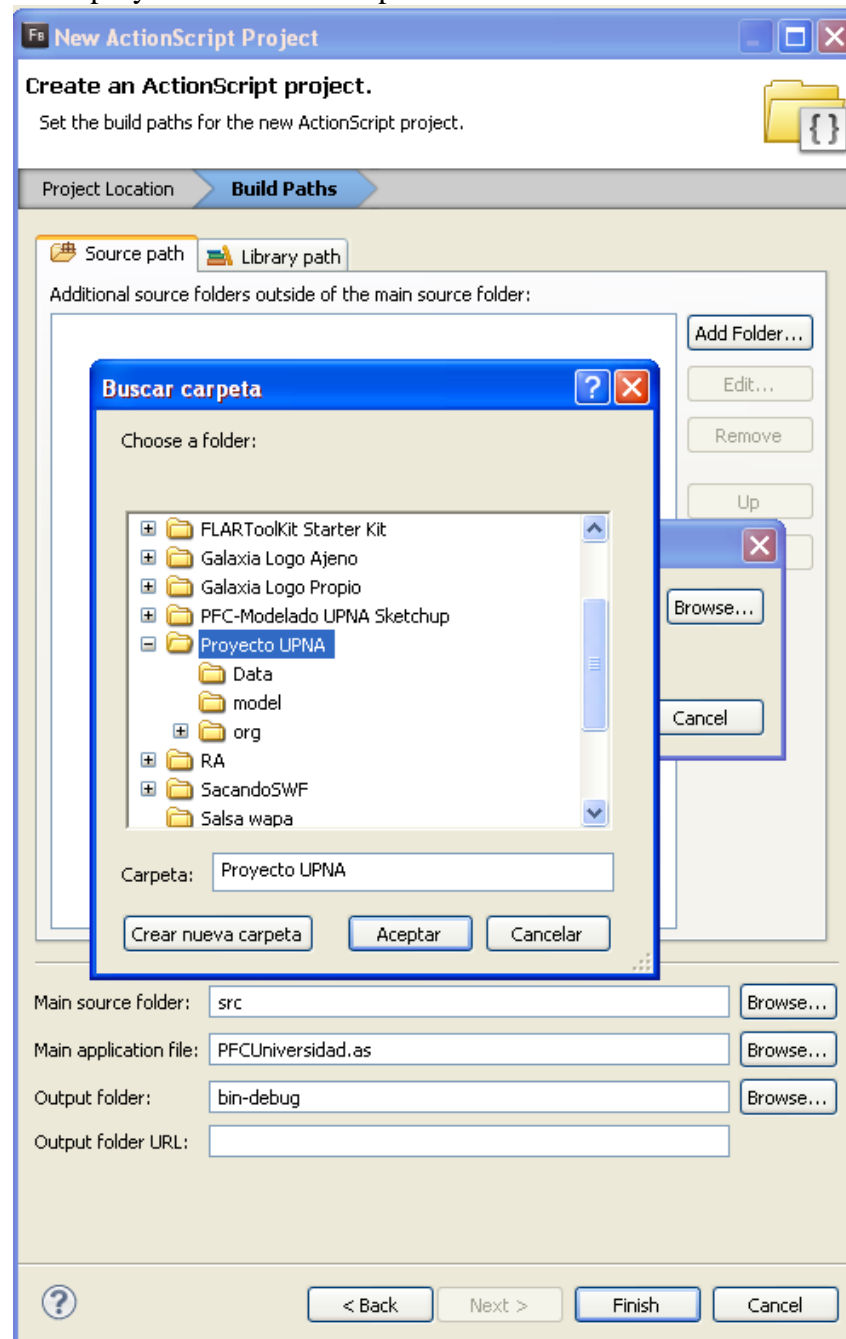


Figura 4.19

4. Finalmente pulsamos en el botón «Finish» y Flash Builder comenzará a crear el nuevo proyecto.

Tras finalizar la importación de los archivos al proyecto de ActionScript PFCUniversidad, tendremos lo siguiente.

- Carpeta DATA, carpeta MODEL, Carpeta ORG y los dos archivos .as (PV3DARApp.as y ARAppBase.as), exactamente como los de la carpeta original.
- Se crean adicionalmente otras 3 carpetas más.
  - ◆ Bin-debug.
  - ◆ Html-template.
  - ◆ Src. Contiene un archivo NuestroArchivoEnFormatoActionScript.as. AHORA haremos lo siguiente
    - COPIAREMOS las carpetas DATA y MODEL en la carpeta SRC.

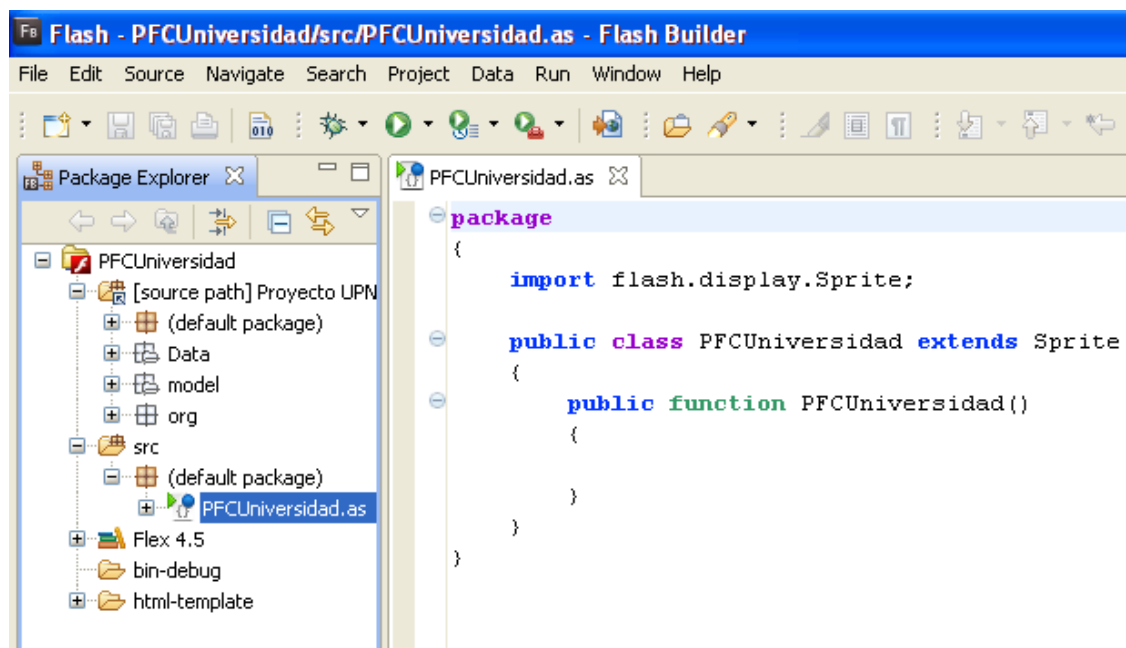


Figura 4.20 Detalle del proyecto tras importar los archivos





Ya se puede trabajar creando el código de la aplicación de RA. Se usa el lenguaje de ActionScript. El código usado para crear la aplicación es el siguiente:

```
package {

    import flash.events.Event;
    import org.papervision3d.objects.parsers.DAE;

    //[[SWF(width=640, height=480, backgroundColor=0x808080, frameRate=30)]]

    public class PFCUniversidad extends PV3DARApp {

        private var UPNA:DAE;

        public function PFCUniversidad() {
            addEventListener(Event.INIT, _onInit);
            init('Data/camera_para.dat', 'Data/MarkerUPNA16.pat');
        }

        private function _onInit(e:Event):void {
            UPNA = new DAE();
            UPNA.load('model/UPNASketchUp.dae');
            UPNA.scale = 0.005;
            UPNA.rotationX = 90;
            _markerNode.addChild(UPNA);

            addEventListener(Event.ENTER_FRAME, _update);
        }

        private function _update(e:Event):void {
            UPNA.rotationZ -= 0.0
        }

    }
}
```

Una vez se ha finalizado, compilado y corrido el código de ActionScript para comprobar su correcto funcionamiento el siguiente paso es crear un archivo ejecutable para la aplicación.

En realidad lo que se hace es exportar todo el proyecto, creando en el proceso un archivo de tipo .SWF que será el ejecutable que lanzará la aplicación y hará de nexo de unión entre el resto de los elementos. Al crear este ejecutable se consigue que nuestro programa de realidad aumentada no esté limitado por su programa fuente como es Flash Builder 4.5, sino que se pasa a ejecutar en prácticamente cualquier hardware que disponga de plug-in para ejecutar archivos .SWF.

Los pasos a seguir para exportar el proyecto a formato .SWF son los siguientes:

1. Se hace click derecho en el proyecto y se selecciona Properties. Sale un desplegable en el que hay que seleccionar ActionScript Compiler. En el apartado Additional compiler arguments se escribe `-use-network=false`, sustituyendo lo que hubiera escrito. Esto permite ejecutar la aplicación en cualquier terminal con el software necesario.

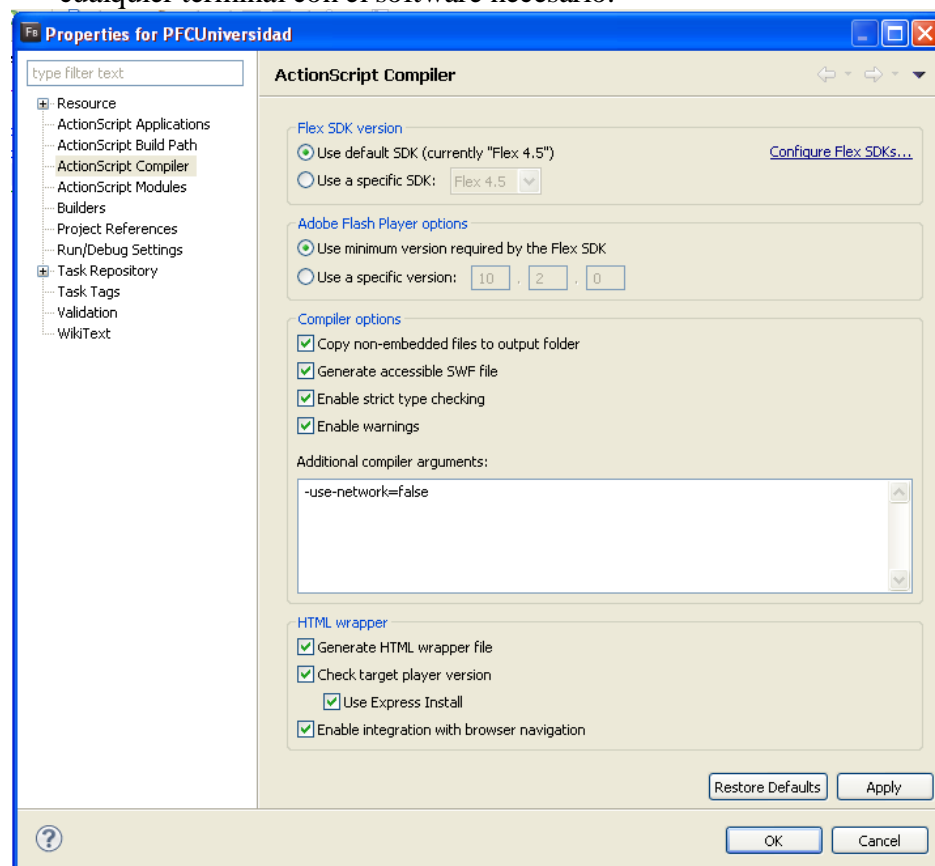


Figura 4.21 Detalle del texto a introducir en ActionScript Compiler

2. Se hace click en el proyecto con el botón derecho y se selecciona Export->Release Build. Ahí se introduce el nombre que tendrá la aplicación, en nuestro caso PFCUniversidad.as y se selecciona el lugar al cual se exportará el proyecto. -UPNA Exportada SWFø
3. Una vez se pulse Finish, se crea la aplicación, por lo que está lista para ser ejecutada.

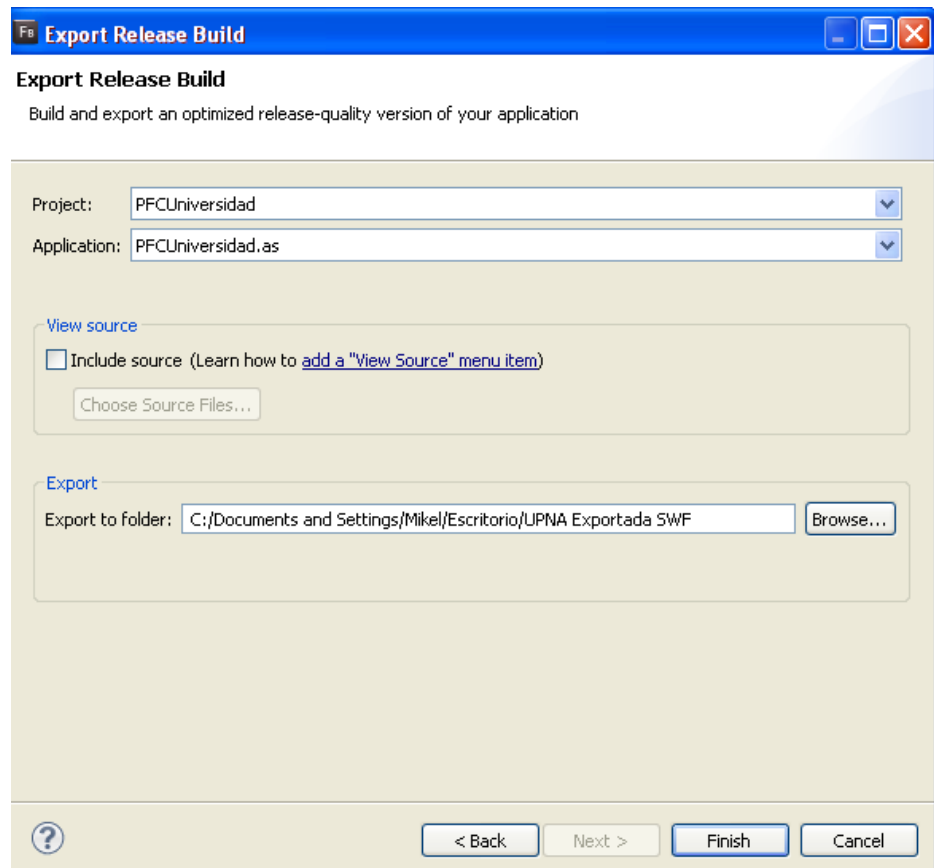


Figura 4.22



#### 4.1.9 Mozilla Firefox y Adobe Flash Player 10

Una vez creada la aplicación de realidad aumentada, se necesitan los medios para poder visualizarla.

Para abrir la aplicación se usará el programa Flash Player 10 o superior.

Adobe Flash Player es una aplicación en forma de reproductor multimedia que permite reproducir archivos SWF en dos variantes. En un sistema operativo tiene el formato de aplicación del sistema, mientras que si el entorno es un navegador, su formato es el de un Plug-in u objeto ActiveX.

Actualmente Flash Player está disponible para las versiones más recientes de los navegadores más populares (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari, Opera, etc.). El navegador Google Chrome no lo necesita porque viene incluido dentro de él.

En nuestro proyecto hemos usado el navegador Mozilla Firefox junto con el plug-in correspondiente de Flash Player. Para obtener dicho plug-in nos dirigimos a la siguiente dirección <http://get.adobe.com/es/flashplayer/> y descargamos nuestro archivo para el navegador usado. Posteriormente instalamos el archivo y ya estamos listos para ejecutar nuestra aplicación de RA.



## **4.2 APLICACIÓN FINAL REALIDAD AUMENTADA**

### 4.2.1 UPNA con DAE exportado desde SketchUp



Figura 4.23. Se consigue ejecutar la aplicación pero no se obtienen resultados.

Como se ve en la figura 4.23, al realizar el proceso de creación de mediante un archivo .DAE exportado directamente de Google SketchUp no se consigue visualizar ningún modelo virtual, sólo salen por pantalla las imágenes reales captadas por la webcam.

Se puede achacar este error a la incompatibilidad del exportador presente en el programa SketchUp. Para verificar esta afirmación se han probado diferentes archivos, diferentes tamaños y con diferentes opciones de exportación y ninguna ha conseguido mostrar nada al ejecutar la aplicación, por lo tanto se cree de forma segura que el problema radica en el exportador DAE.



#### 4.2.2 UPNA con DAE exportado desde Max

Los resultados obtenidos no son todo lo satisfactorios que se hubiera deseado. En un primer momento se obtenía la RA pero el modelo de la UPNA aparecía sin texturas ( es decir en modo alambre ) estando el modelo perfilado con líneas de todos los colores posibles. Se comprobaron los archivos DAE, y se exportó de maneras diferentes para subsanar el error. Finalmente se consiguieron mejoras pero no se solventó por completo el problema. En última instancia, los modelos aparecen con clipping, con texturas mal ubicadas e incluso algún modelo como los árboles sin ellas. Se puede atribuir a la gran carga computacional que genera representar la UPNA entera. Tarda bastante en cargar la aplicación.

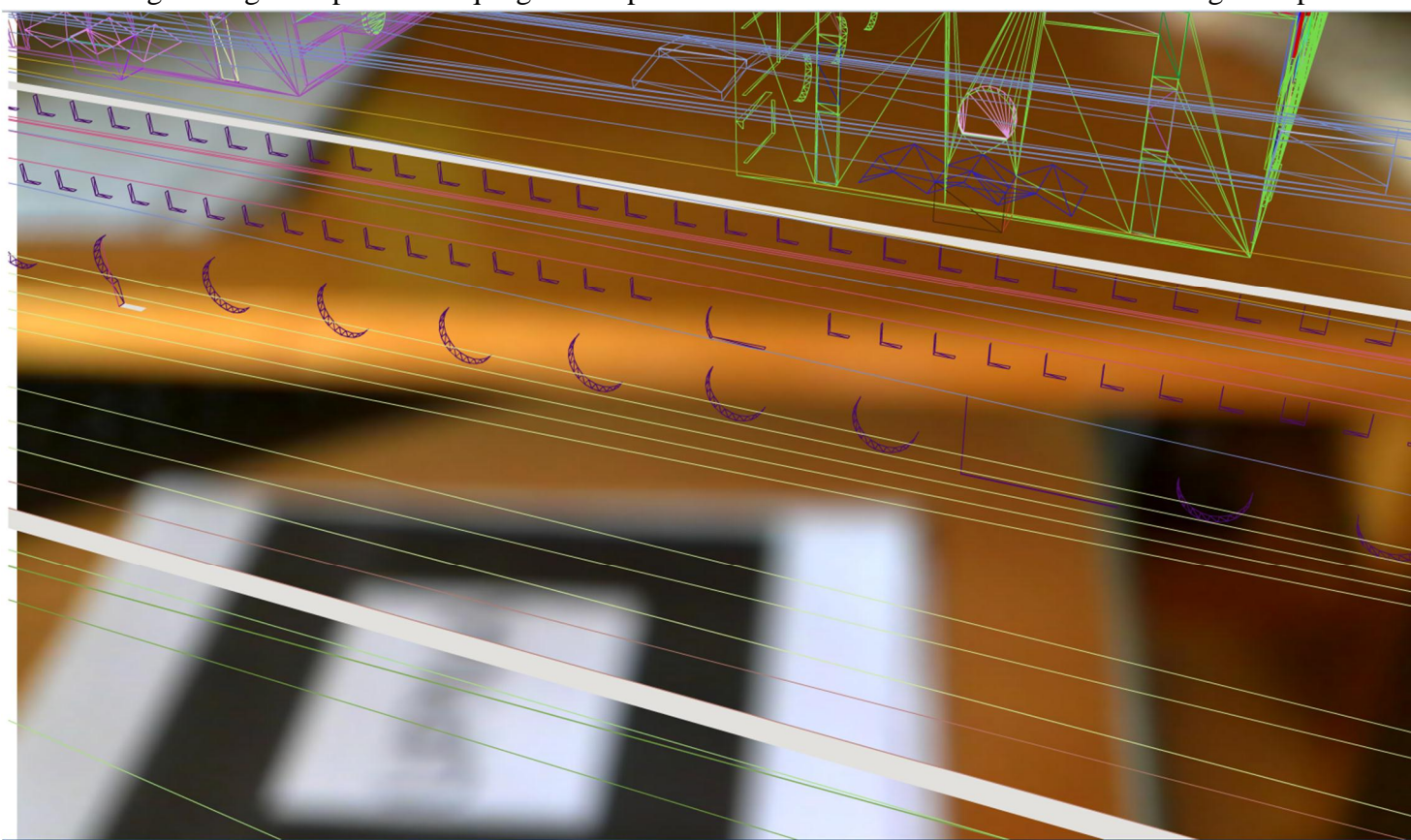


Figura 4.24 Detalle de los edificios. Aparecen sin texturas debido a una incorrecta exportación a formato 3DS.

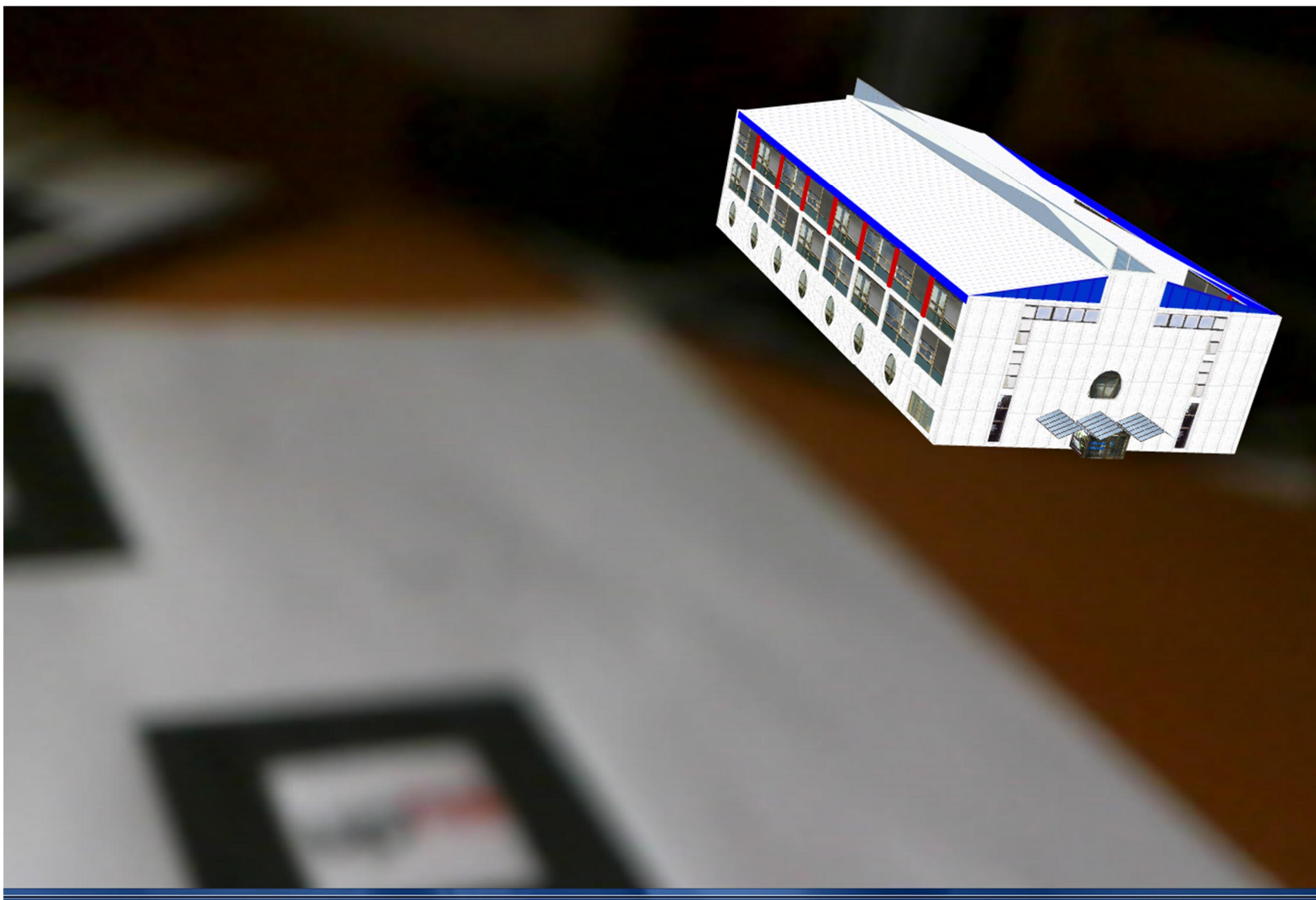


Figura 4.25 Se consigue arreglar de manera significativa el problema. Sin embargo persisten errores de clipping. Ver cristalera del tejado.



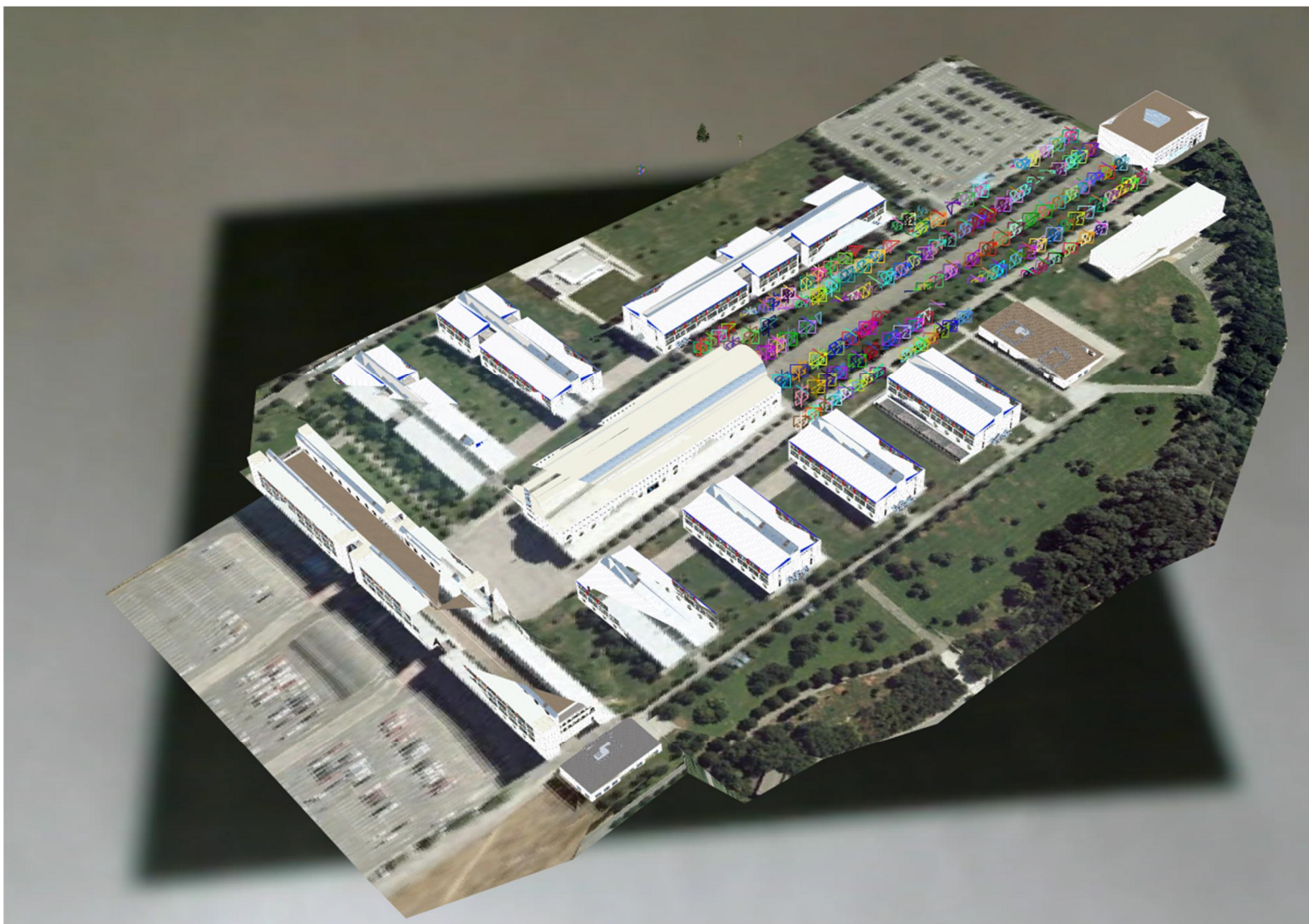


Figura 4.26 Al sacar el campus entero con la aplicación, los errores son más evidentes. Árboles sin texturas, elementos que sufren clipping y popping de manera brusca y continua.



Figura 4.27





Figura 4.28

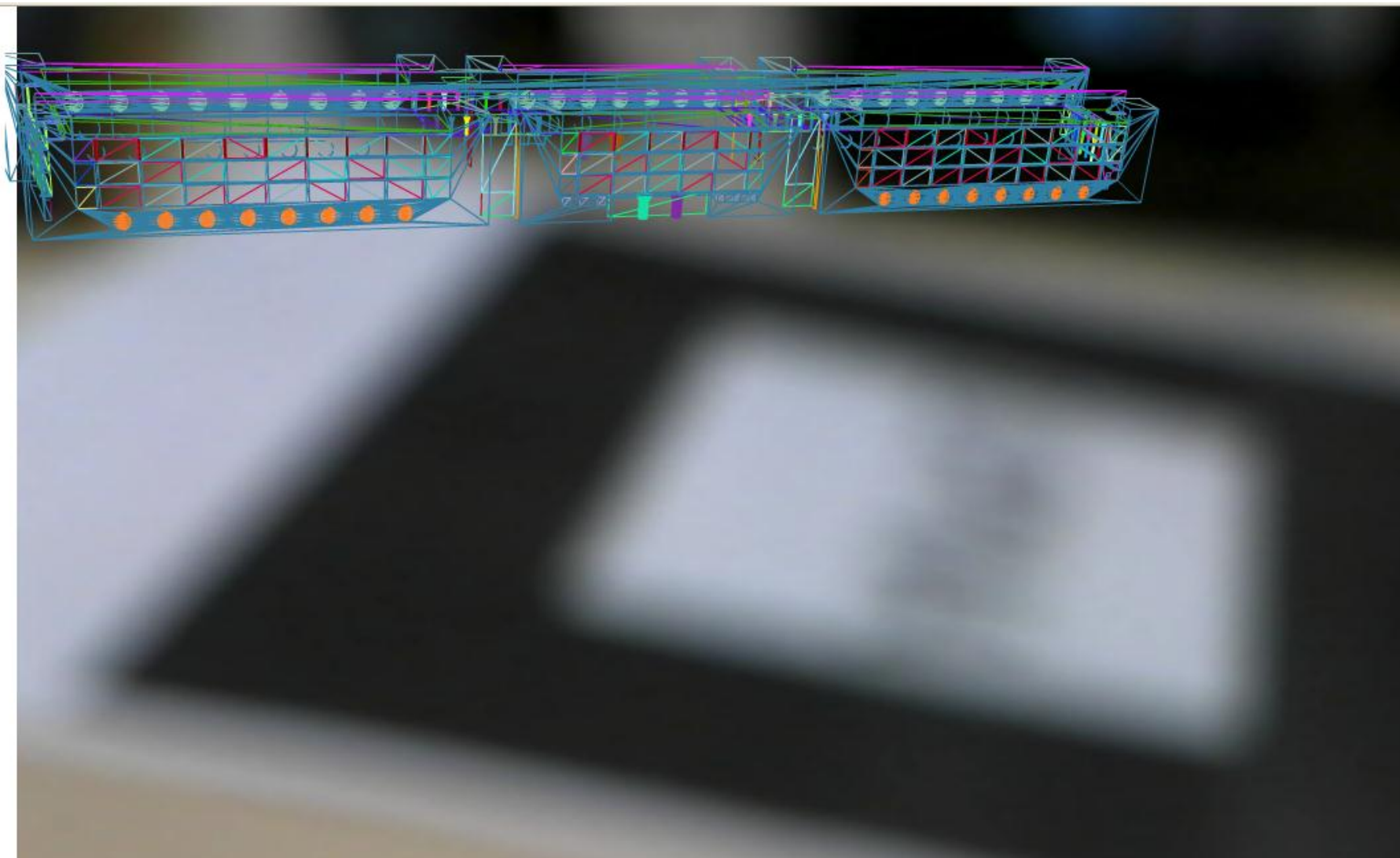


Figura 4.29 Aulario y el error de no cargar texturas.

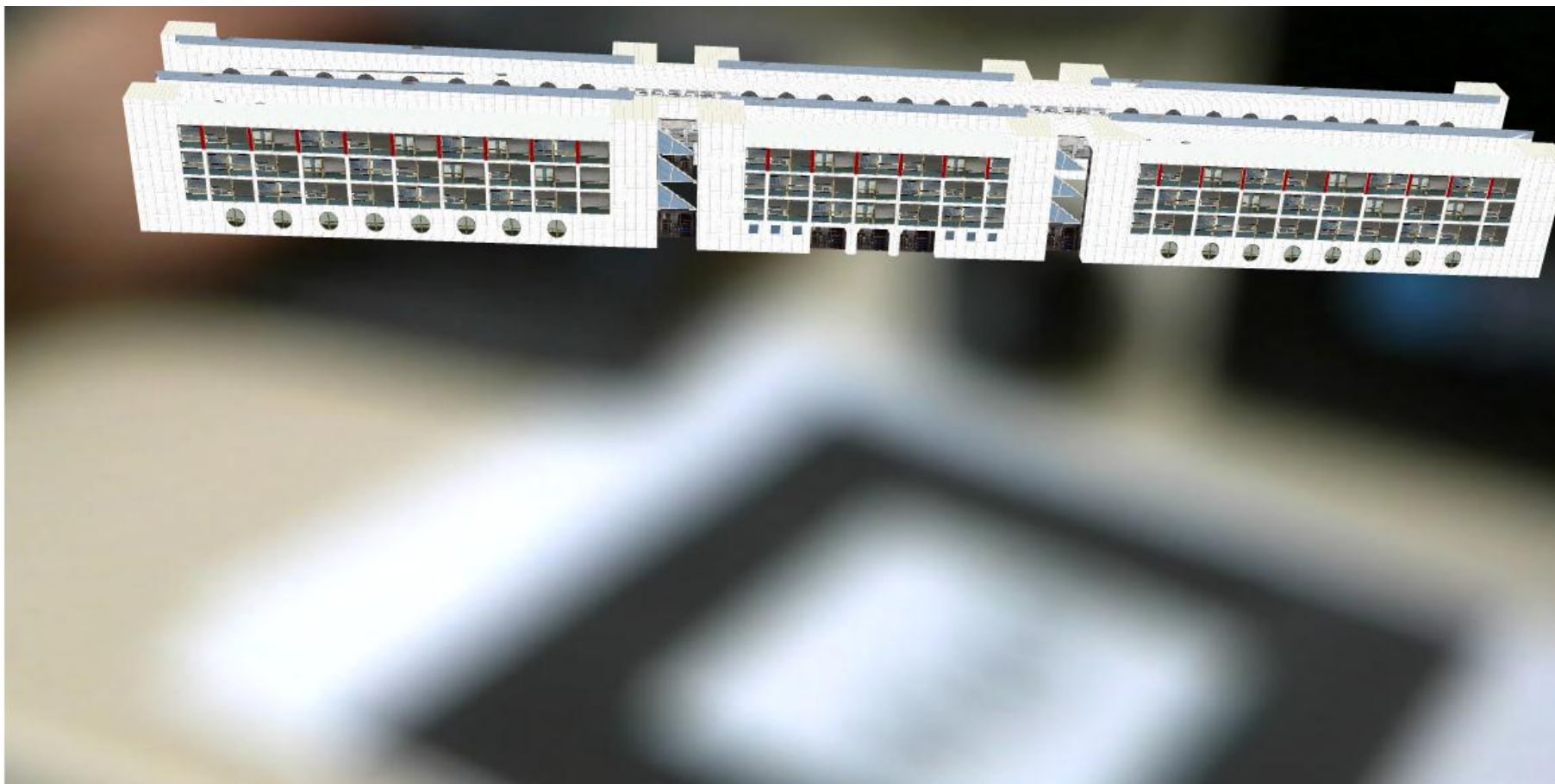


Figura 4.30 Aulario cargando texturas pero no de forma correcta.





Figura 4.31



#### 4.2.3 Ejemplos de FLARToolkit. Trabajo nativo en Max

Para verificar que la aplicación creada es compatible con modelos creados de forma nativa en Max y que los errores surgidos en el apartado anterior son debidos a la exportación de SketchUp a Max, se ha optado por crear un modelo sencillo con una pequeña animación.

Este modelo es un pequeño sistema solar, en el centro del cual se encuentra la estrella principal alrededor de la que orbitan una serie de planetas. Se ha creado todo mediante esferas y se ha texturizado con imágenes tipo JPEG, PNG compatibles con los archivos DAE.

Hay que remarcar que las orbitas creadas de los planetas no representan de ningún modo la realidad, de hecho se ha optado por dar a todo los planetas órbitas circulares y rotaciones también circulares, ya que se trata de un ejemplo de experimentación.

También se ha pasado a formato DAE el coche de la Figura 4.3, modelado hace un año en 3D Max.

Los resultados obtenidos son variados. Con el Sistema solar la aplicación funciona correctamente manteniendo una tasa de frames por segundo estable y suficiente para evitar tirones. Muestra bien las texturas y carga la aplicación bastante rápido.

El coche por otro lado al estar compuesto de cerca de 100.000 polígonos y ser bastante complejo aun sin estar texturizado no funciona de manera tan fluida, ya que hay tirones al modificar el marker o la cámara. Además su visualización no es correcta del todo, por lo que se llega a la conclusión que los archivos muy complejos no funcionan de manera correcta con este método de obtener realidad aumentada.



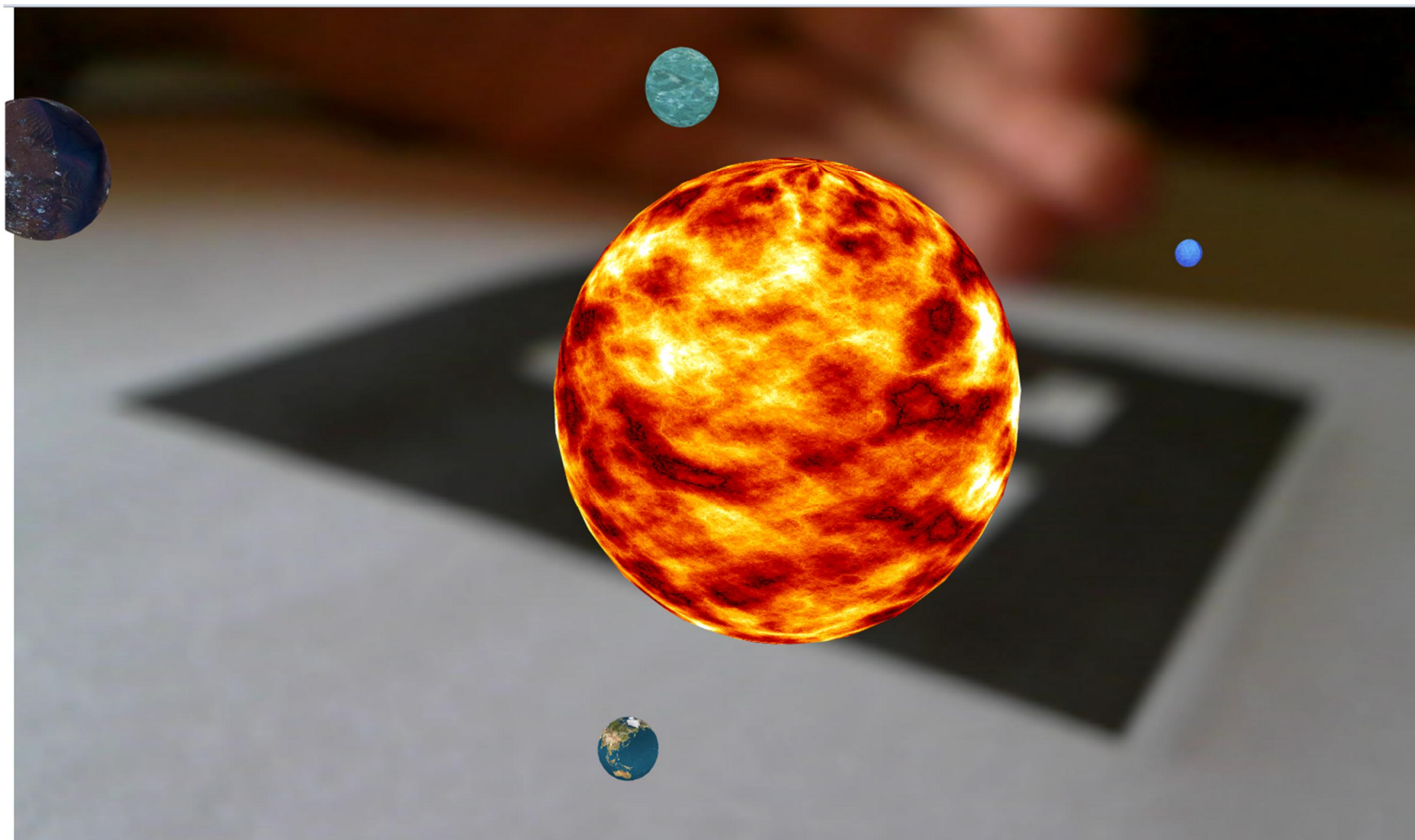


Figura 4.32 El Sistema Solar carga muy rápido, muestra de manera correcta las texturas y ejecuta la animación de forma fluida



Figura 4.33 Al ejecutar la aplicación con el coche no funciona de manera óptima, ni visualmente ni en FPS.



#### 4.2.4 Ejemplos de AR-Media. Trabajo nativo en Max/SketchUp

Para finalizar esta segunda parte del proyecto se ha comparado la aplicación creada con la herramienta que inicialmente se tenía pensado en usar para el desarrollo de realidad aumentada. Es el plug-in AR-Media, se ha usado las versiones Demo para SketchUp y Max. Para comparar de manera real las diferencias entre métodos se han usado los mismos modelos que los de apartados anteriores (la UPNA, el coche y el sistema solar)

Esta herramienta consigue unos resultados visuales fantásticos.

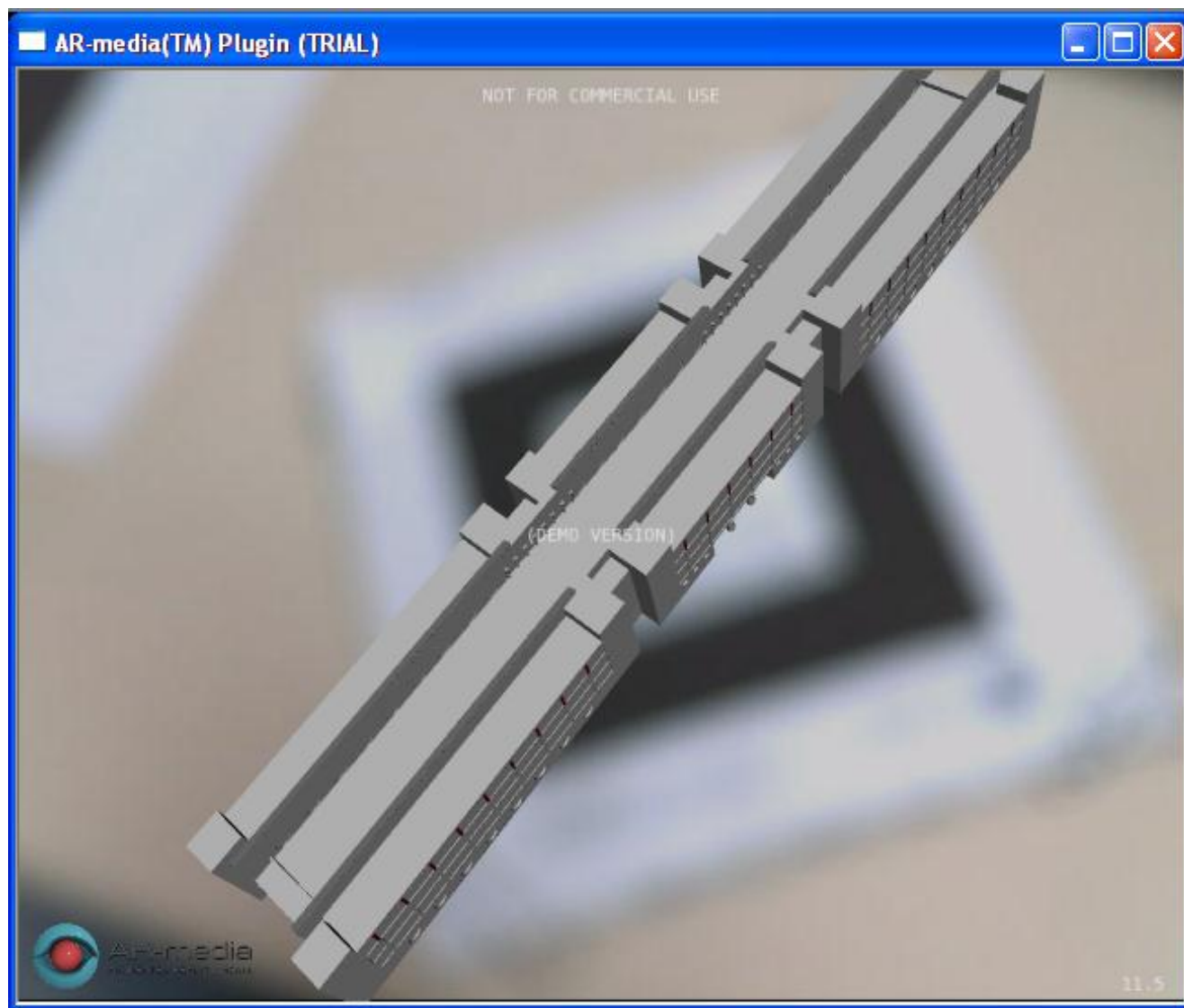


Figura 4.34 Detalle del Aulario sin texturizar. Se observa como el modelado se representa sin ningún error-

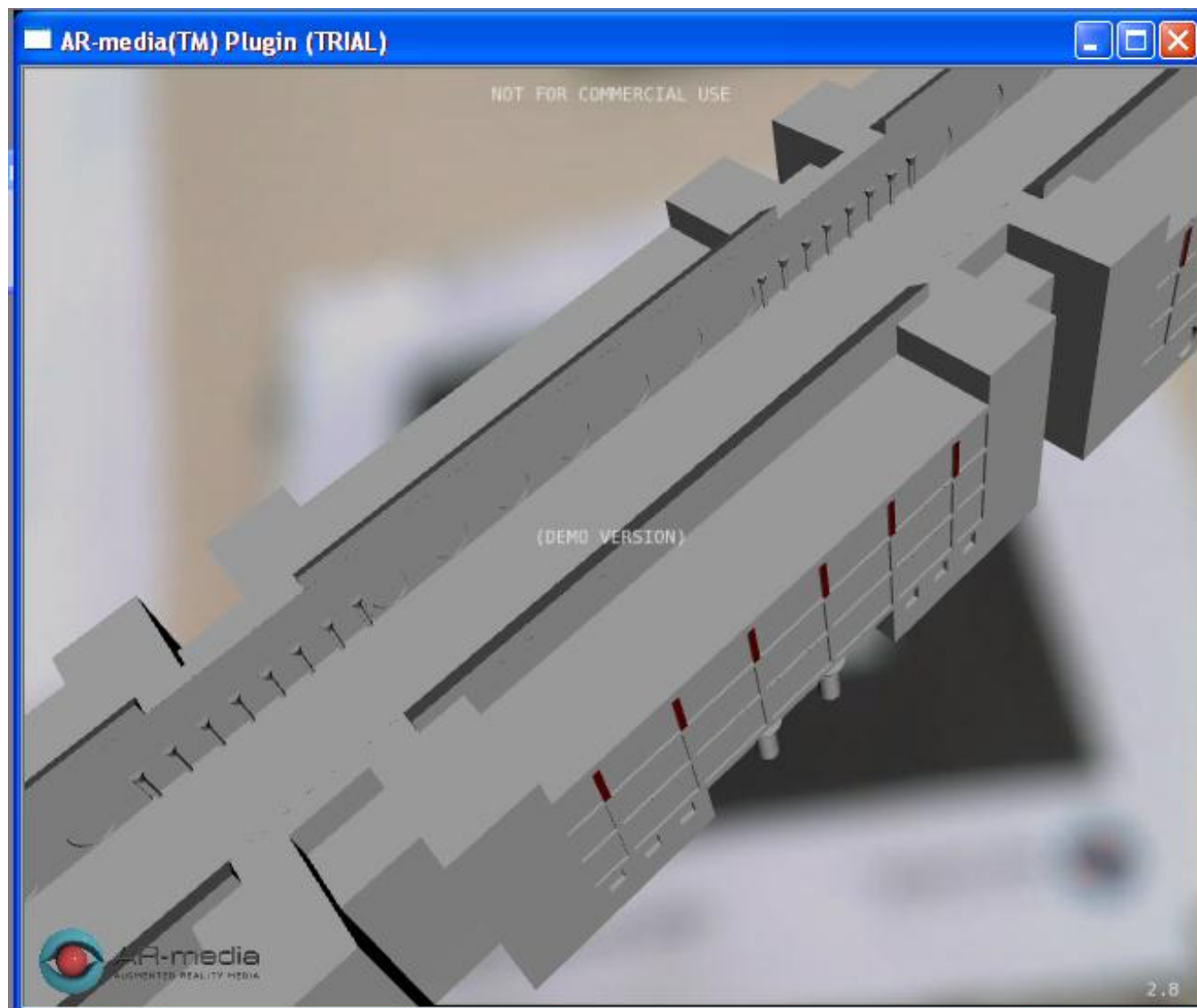


Figura 4.35 Detalle del Aulario en una vista más cercana. Los polígonos del modelo se mantienen estables.



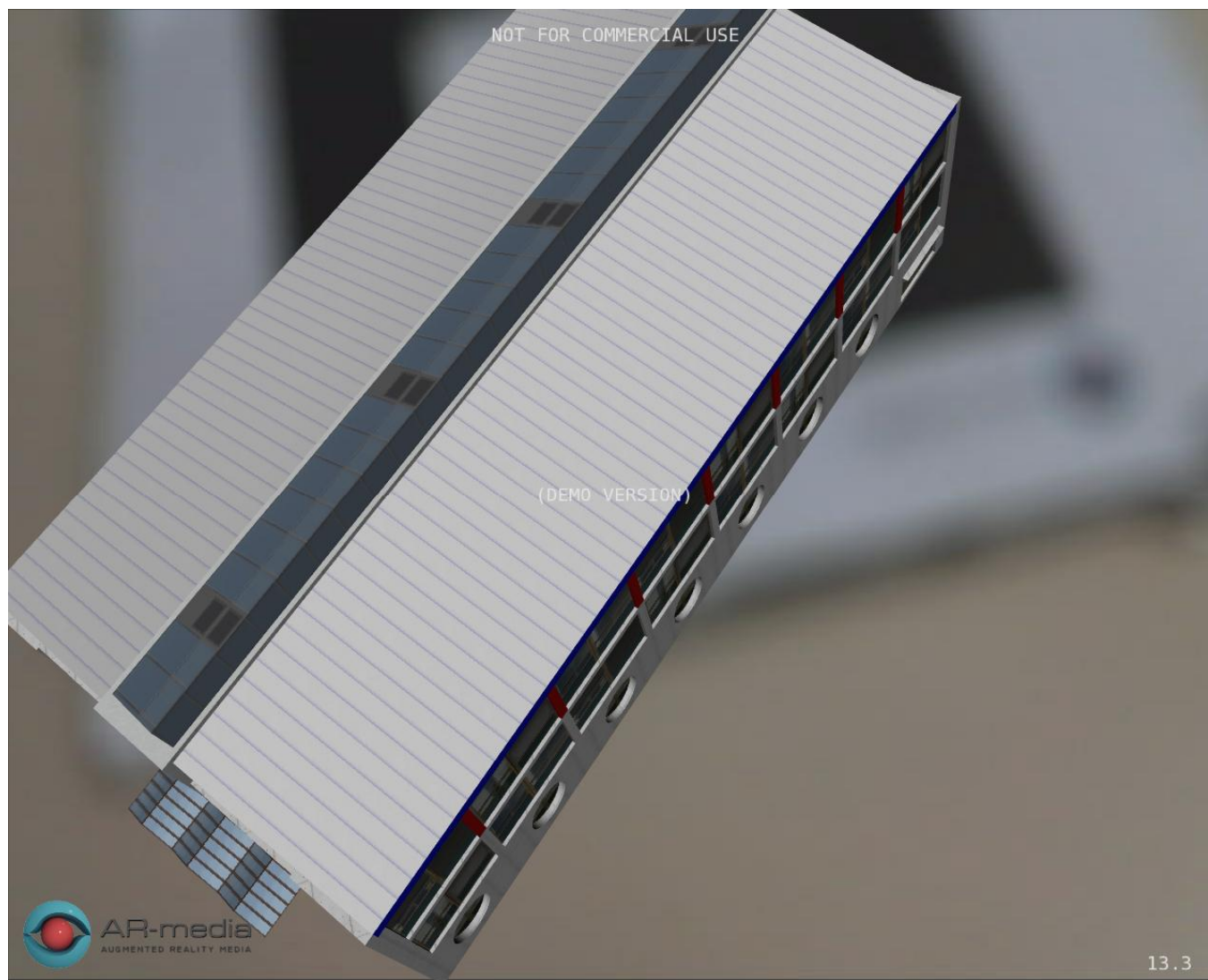


Figura 4.36 Detalle de uno de los edificios ya texturizado. Las texturas se muestran correctamente y no hay ñaileø de polígonos.



Figura 4.37 Vista aérea de la UPNA con realidad aumentada



Figura 4.38 La UPNA representada mediante RA, se observa en el fondo el monitor por el cual se visualiza la aplicación.





Figura 4.39.

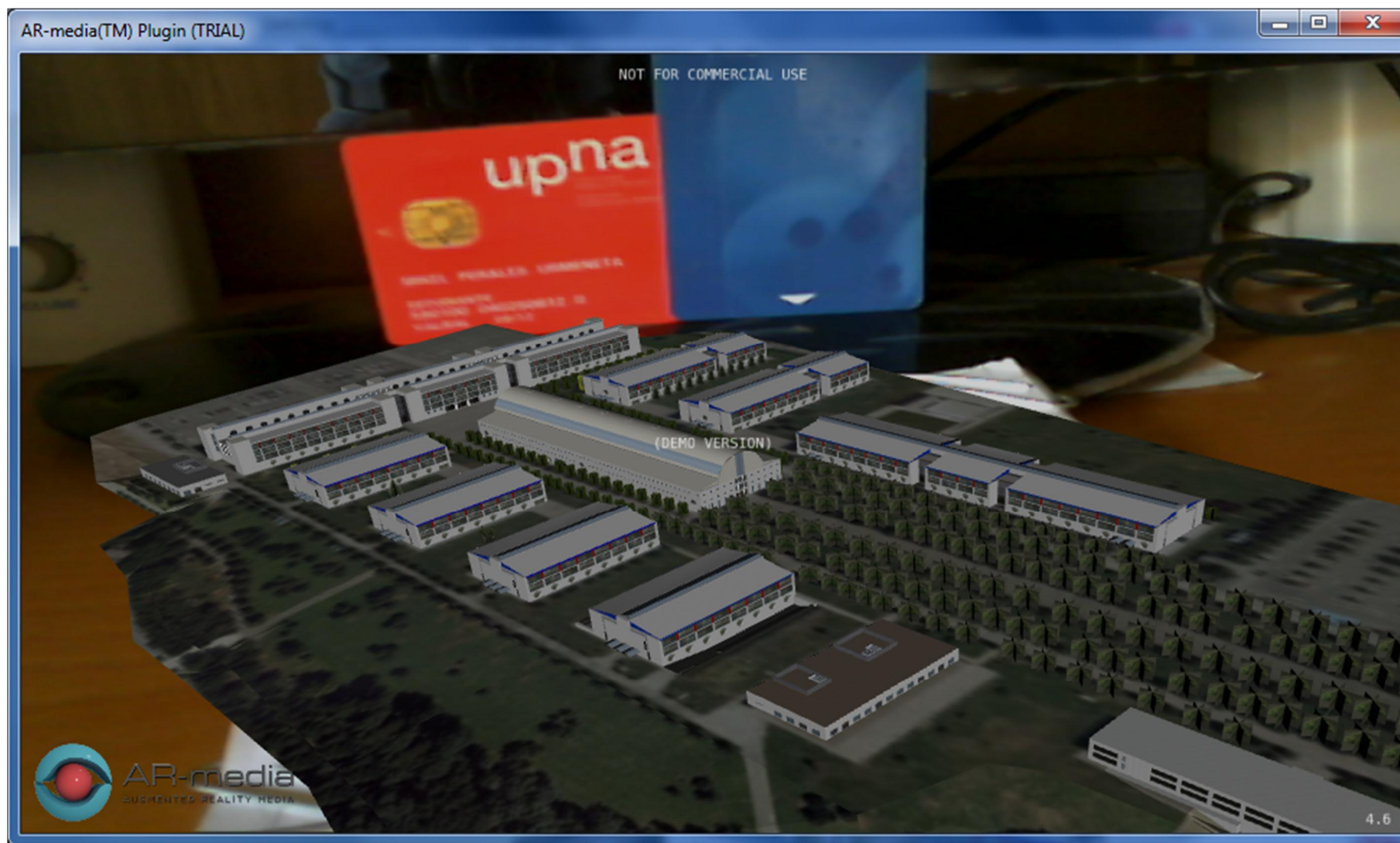


Figura 4.40 Se puede modificar el tamaño del modelo en tiempo real al ejecutar la aplicación mediante el teclado.



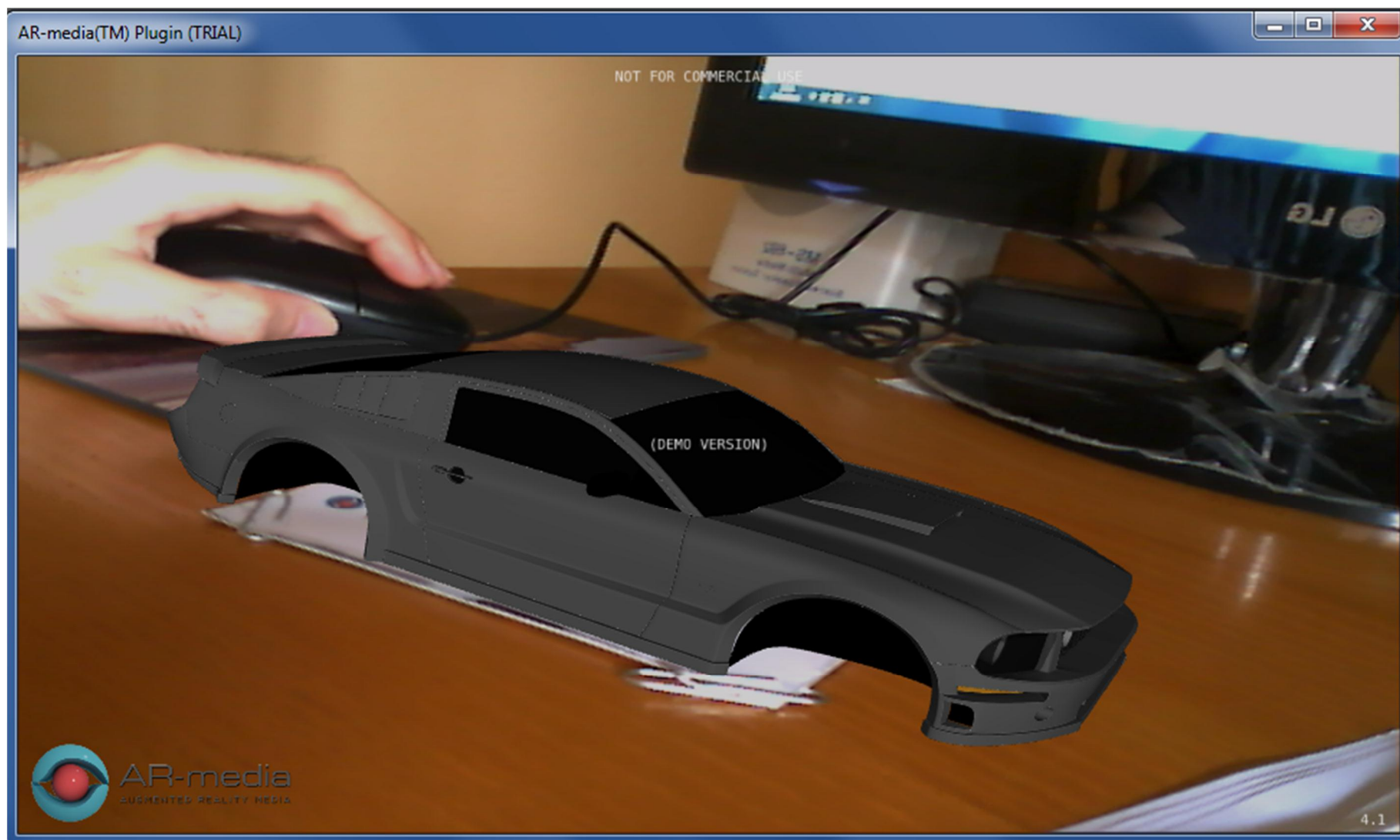


Figura 4.41 Representación del coche mediante la herramienta de AR-Media. La diferencia con FLARToolkit es apreciable.



Figura 4.42 Representación del coche mediante FLARToolkit.



Figura 4.43 Detalle del coche. En esta ocasión se han colocado las ruedas.

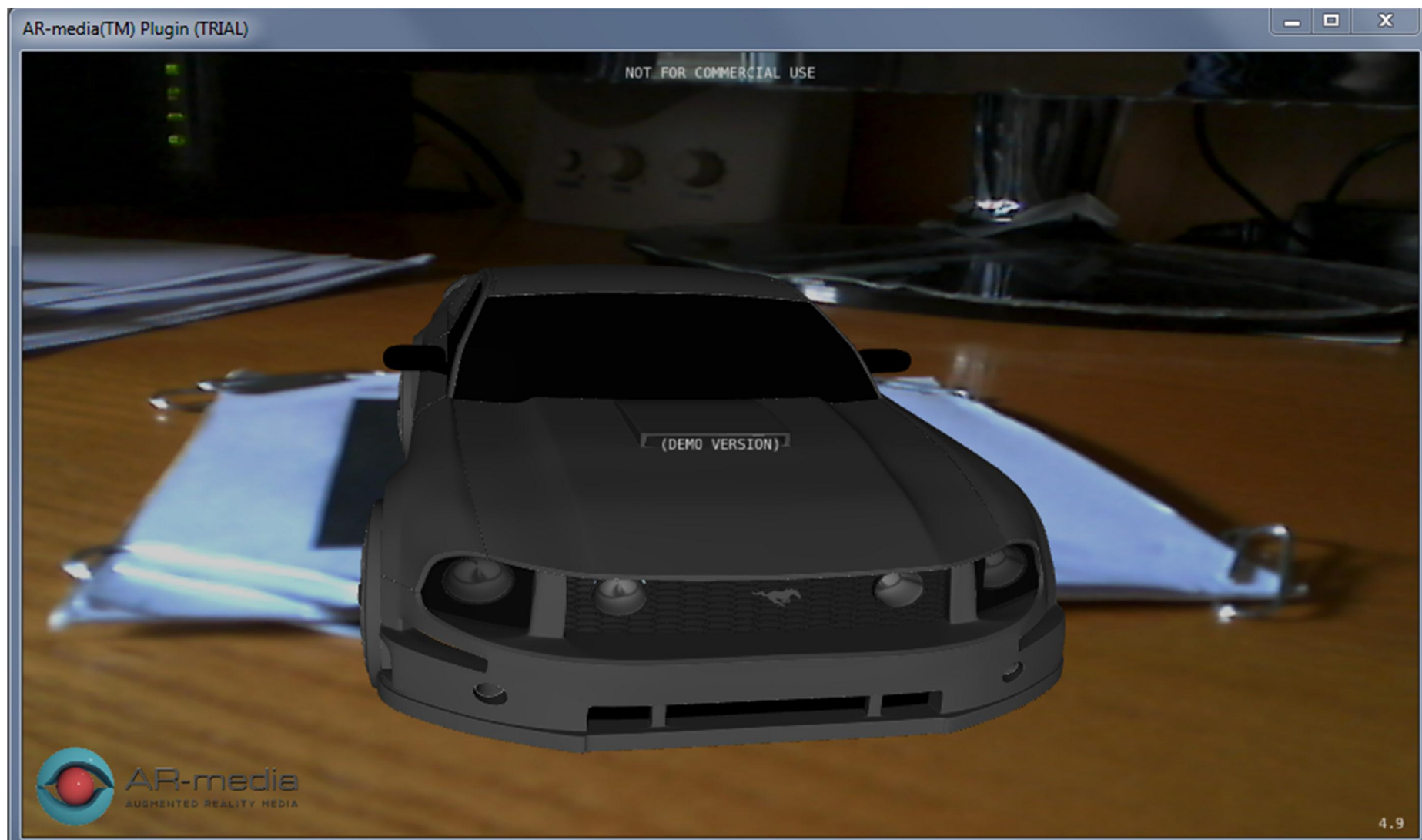


Figura 4.44 Detalle frontal del coche. Se observa el logo de Mustang.



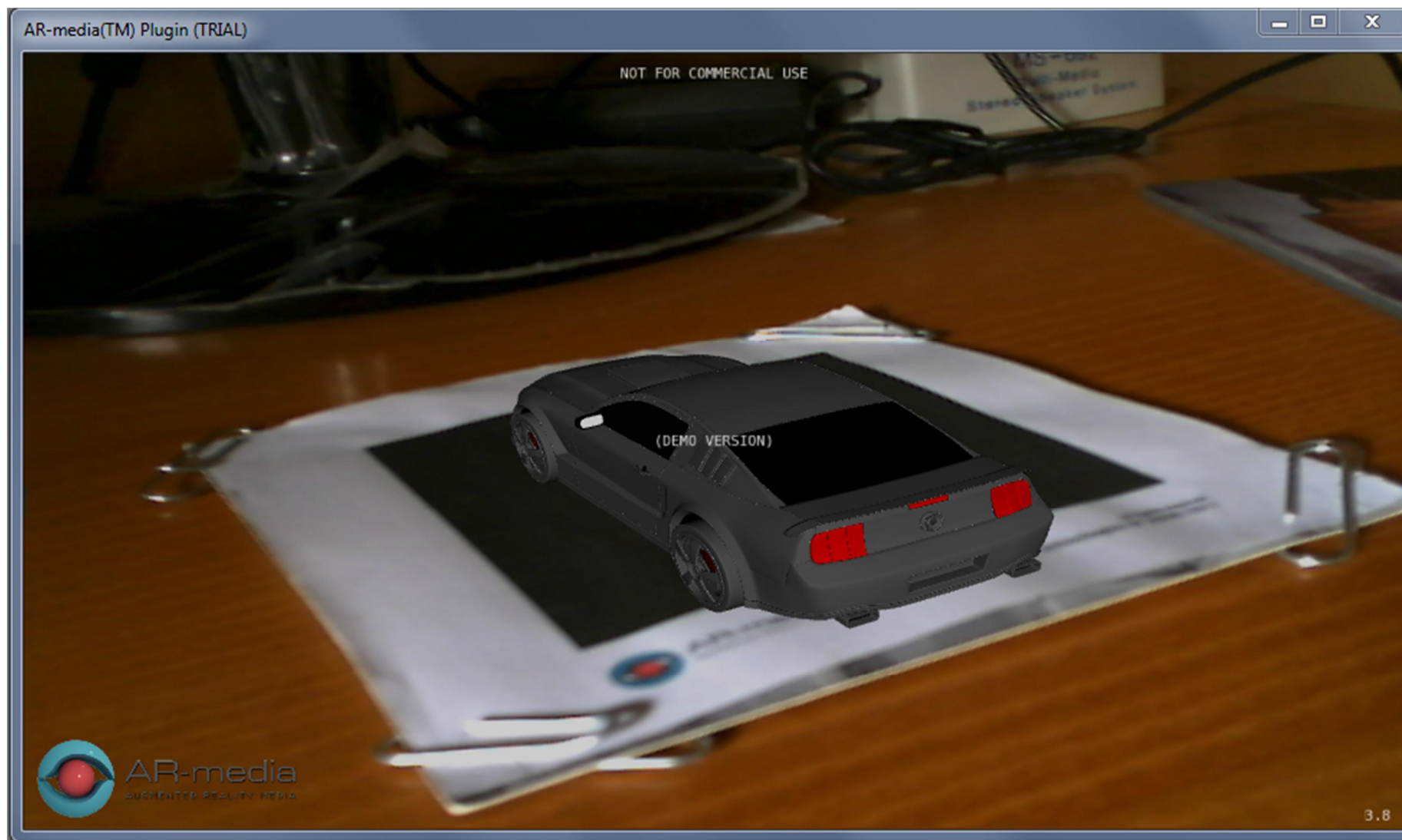


Figura 4.45 Detalle trasero del coche.



Figura 4.46 Modo Malla disponible en tiempo real. Se observa que se trata de un modelo complejo.



### **4.3 CONSIDERACIONES**

#### 4.3.1 Conclusiones

Una vez finalizado esta segunda parte del proyecto quedan unas sensaciones contradictorias por los resultados obtenidos.

En primer lugar hay que estar contento con el trabajo desarrollado, ya que finalmente se ha conseguido crear una aplicación de realidad aumentada desde cero y usando en la mayor parte del proceso programas libres, con el ahorro que supone.

Por otro lado se ha conseguido que la aplicación funcione en términos generales correctamente en archivos sencillos y se han implementado los marker con los logos de la Universidad. Existen fallos con determinadas texturas en la aplicación de la UPNA, de las que no se ha conseguido solucionar el problema. El modelo del coche no se ve visualmente como debiera tampoco, pero hay que tener en cuenta que no se modeló para que fuese compatible con una aplicación de realidad aumentada.

Por el contrario, un modelo más sencillo y pensado para esta aplicación como ha sido el Sistema Solar funciona de forma más que satisfactoria.

Sin embargo es cierto que la aplicación creada es muy simple ya que consiste únicamente en la visualización de determinados modelos previamente animados pero sin posibilidad ninguna de interacción. Además no se ha conseguido tampoco un código para implementar la propiedad del multi marker, es decir, que la aplicación reconozca a la vez diferentes marker que a su vez representarán diferentes modelos y/o acciones.

Por otro lado las pruebas realizadas con el programa de pago AR-Media consigue unos resultados mucho mejores que cualquiera de los obtenidos con nuestra aplicación, tanto en calidad visual, como en calidad del tracking o número de marker permitidos a la vez. De hecho, por la misma naturaleza de los archivos .DAE nunca podrán igualar a la herramienta de AR-Media, ya que los .DAE no soportan iluminación, partículas, sombras, etc.

De hecho esta parte del PFC se pensó originalmente en hacerla con AR-Media pero la UPNA no financió su coste (250 euros) por lo que hubo que optar por el método de FLARToolkit para la realización de este proyecto.

Si se hubiese dispuesto del plug-in nos hubiéramos centrado en el modelado de forma nativa en Max de la Universidad Pública de Navarra, consiguiendo así una mayor complejidad y realismo de la que podrá ofrecer FLARToolkit o Google SketchUp.

#### 4.3.2 Líneas Futuras

Tras la finalización de esta parte del proyecto quedan abiertas muchas opciones para su continuación.

Las dos principales (y no excluyentes entre ellas) de las que se ramifican las demás son:

- Continuación del desarrollo del código obtenido.
- Obtener la licencia del software AR-Media.

Quedan por implementar multitud de mejoras como multi marker, interacción de objetos, físicas, iluminación, efectos de partículas, sonido, videoí

La gente con una buena base con el lenguaje de programación ActionScript y las librerías adecuadas pueden crear aplicaciones muy buenas de RA.

Por otro lado, y en nuestra opinión, el futuro de esta tecnología se decanta en la creación de aplicaciones para dispositivos móviles como son todos los smartphones y tablets de hoy en día. Ya existen programas para estos terminales a día de hoy y también existen librerías gratuitas para desarrollar aplicaciones (un listado de las mismas se encuentra en el apartado 3.3)

Un ejemplo claro de esta idea es crear una aplicación para Android (o similar) que detecte los marker creados en este proyecto. Estos marker podrán colocarse es sitios tan dispares como un folleto explicativo o en determinadas partes del campus

El propio teléfono al detectar el marker podrá ejecutar desde un video informativo con sonido, a una información textual pasando por modelos virtuales animados, y todo ello en aras de satisfacer la demanda del usuario en cualquier momento, situación y sin coste alguno.

Centrándonos en el Plug-in de AR-Media, no ofrece a día de hoy tanta interacción como la que puede llegar a conseguirse mediante código, sin embargo es una herramienta que está continuamente actualizándose e integrando nuevas opciones, por lo que no se puede descartar que en un futuro no demasiado lejano alcance al software libre. Actualmente AR-Media supera al libre sobre todo en capacidad visual, por lo que se podría usar para crear modelos complejos que no pidan mucha interacción. Un ejemplo de ello es mostrar visualmente en una reunión determinada información, tablas, gráficosí e incluso proyectos de nuevas edificaciones. Soporta además video con sonido y multimarker, así como la técnica de ocludder y muchos efectos de textura e iluminación que no soportarán nunca los archivos DAE.





## **CAPÍTULO 5**

# **BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES**



## DOCUMENTACIÓN DIGITAL

Documentación Google SketchUp 8

## ENLACES

[http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad\\_aumentada](http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_3ds\\_Max](http://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pe%C3%ADculas\\_hechas\\_con\\_Autodesk\\_3ds\\_Max](http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pe%C3%ADculas_hechas_con_Autodesk_3ds_Max)  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Blender>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Maya\\_%28aplicaci%C3%B3n\\_gr%C3%A1fica%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Maya_%28aplicaci%C3%B3n_gr%C3%A1fica%29)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Adobe\\_Flash\\_Builder](http://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash_Builder)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe\\_Flash\\_Player](http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash_Player)  
<http://www.inglobetechnologies.com/en/products.php>  
[http://www.google.es/intl/es\\_es/earth/](http://www.google.es/intl/es_es/earth/)  
<http://sketchup.google.com/intl/es/>  
<http://www.adobe.com/>  
<http://www.itclimasd.org/Realidad-Virtual/Realidad-Aumentada/>  
<http://flash.tarotaro.org/blog/2009/07/12/mgo2/>  
<http://saqoo.sh/a/en/flartoolkit/start-up-guide>  
<http://blog.aumentality.com/>  
<http://www1.unavarra.es/conocerlauniversidad/campus/campus-de-arrosadia/edificios-e-instalaciones?submenu=yes>



## **ANEXOS**



# Marker

